

8998

Bibl. Jag.

IV





WNICTWO KSIĄŻEK SZKOLNYCH  
DU NAR. IM. OSSOLIŃSKICH  
WE LWOWIE

Adres tel.: Ossolineum — Lwów.

Konto P. K. O. Nr. 112.942.

Tel. 524.

*Kopia III*

*L.* .....

*Randiat I*







1  
Wydawnictwo Ksiąg Szkolnych  
Lektadu Narod. im. Ossoliński

---

Wiadomości z nauki Fizyki

~~ustawione~~ przez

Dr. prof. Władysława Natanson

i  
Dr. prof. Konstantego Łaniewskiego



Lwów - 1920 - Warszawa.



My dear mother  
I have just received your letter  
of the 12th inst. and am  
glad to hear from you.

I am well and hope  
this finds you the same.

I have not much news  
to write at present.

I am, dear mother,  
your affectionate son,

Wm. Lloyd Garrison

I remain, dear mother,  
your affectionate son,



W s k a z ó w k i      d l a   p . Z e c e r a

● 本報社址：廣州省城大新街

- 1° Ustępy zakreślone || mają być składane pismem mniejszym - wprowadzić czytelne i wyraźne, ale drobniejszym, niż tekst główny.
- 2° Znak L znaczy a cap. /od wiersza z cofnięciem tekstu od brzegu wiersza/.  
Gdzie niema znaku L trzeba zaczynać od samego brzegu nowego wiersza.
- 3° Litery podkreślone w tekście /np. A, B, a/ prosimy składać kursywą.  
Również kursywą wyrazy podkreślone n.p. nie, siła, wypadkowa etc.  
  
Podkreślone ----- pismem rozstrzelonym n.p. N e w t o n -----
- 4° Tytuliki paragrafów /oddzielnych artykułów/ prosimy pismem nieco grubszym niż pismo tekstu, ale nie za nadto dużym -  
===== ażeby tytulik mieścił się zawsze w 1 wierszu.
- 5° cm, m, mm, km, sek, g, mg, kg, { zwykłą antykwa nie kursywą  
1, cm<sup>2</sup>, cm<sup>3</sup> { i bez kropki  
=====
- 6° Udzysków /-----/ albo a nie " /-----/ "
- 7° Trzeba odróżnić dywiz od kreski. Np. jeżeli stoi: 5-go, 16-go, § 9-ym itd., to trzeba oczywiście dać dywiz /króciutką kreskę/ a nie długą kreskę.



THE UNIVERSITY OF CHICAGO  
LIBRARY

1. The first part of the paper is devoted to a discussion of the general principles of the theory of the structure of the atom.

2. In the second part, the author discusses the question of the structure of the atom, and shows that the results of the experiments of Rutherford and his co-workers are in agreement with the theory of the structure of the atom.

3. The third part of the paper is devoted to a discussion of the question of the structure of the atom, and shows that the results of the experiments of Rutherford and his co-workers are in agreement with the theory of the structure of the atom.

4. The fourth part of the paper is devoted to a discussion of the question of the structure of the atom, and shows that the results of the experiments of Rutherford and his co-workers are in agreement with the theory of the structure of the atom.

5. The fifth part of the paper is devoted to a discussion of the question of the structure of the atom, and shows that the results of the experiments of Rutherford and his co-workers are in agreement with the theory of the structure of the atom.

6. The sixth part of the paper is devoted to a discussion of the question of the structure of the atom, and shows that the results of the experiments of Rutherford and his co-workers are in agreement with the theory of the structure of the atom.

7. The seventh part of the paper is devoted to a discussion of the question of the structure of the atom, and shows that the results of the experiments of Rutherford and his co-workers are in agreement with the theory of the structure of the atom.

8. The eighth part of the paper is devoted to a discussion of the question of the structure of the atom, and shows that the results of the experiments of Rutherford and his co-workers are in agreement with the theory of the structure of the atom.



## ROZDZIAŁ PIERWSZY

O SIŁACH. O RUCHU. O PRACY I ENERGII.



WYDAWNICTWO KSIĄŻEK SZKOLNYCH  
Zakładu Narodowego im. Ossolińskich  
we Lwowie.



# Rozdział pierwszy

4

## O siłach. O ruchu. O pracy i energii.

### § 1. Ciała. Objętość ciała. Powierzchnia ciała.

Mamy wciąż do czynienia z różnymi rzeczami czyli przedmiotami; w nauce nazywamy je *ciałami*. Sprzęty nasze na przykład naczynia, narzędzia, budynki, odzież nasza, potrawy, napoje, kamienie, rośliny, zwierzęta — są to ciała. Drobne ziarnko piasku jest ciałem, olbrzymia góra jest ciałem. Zarówno kawałek żelaza jest ciałem, jak chmura na niebie lub dym, uchodzący z komina. Woda, płynąca rzeką, jest ciałem; ciałem jest też powietrze, w którym jesteśmy zanurzeni.

Ciała zajmują i wypełniają miejsce; powiadamy, że każde ciało ma pewną *objętość*, Góra *n. p.* ma pewną objętość i ziarnko piasku ma pewną objętość; tylko góra ma znacznie *większą* objętość. Wnętrze dzbanka ma większą objętość, niż *szklanka*; powiadamy, że dzban ma większą *pojemność*, niż szklanka.

Weźmy duży arkusz papieru i niewielki klocek drewniany. Arkusz papieru ma *objętość* małą, mniejszą niż klocek, jeśli włożymy po kolei jedno i drugie do dzbanka, pełnego wody, zobaczymy, że klocek wypycha znacznie więcej wody. Ale arkusz papieru ma znacznie większą *powierzchnię*, niż klocek, istotnie, możemy klocek owinać papierem i nie tylko raz, ale kilka razy. Dlaczego papier, pomimo znacznej powierzchni, ma nieznaczną objętość? Ponieważ papier ma *grubość* nieznaczną. Kawałek drutu, równie długi jak ołówek, *bedzie miał* objętość mniejszą, niż ołówek, ponieważ jest mniej gruby czyli, ponieważ ma mniejsze *poprzeczne przecięcie*. Ale bardzo długi drut może mieć taką samą objętość jak ołówek, jeśli *ma* mniejsze przecięcie wynagrodzi znacznie większą długością.

### § 2. O mierzeniu.

Porównywaliśmy w § 1) objętość góry z objętością ziarnka, pojemność dzbanka z pojemnością szklanki, powierzchnię papieru z powierzchnią klocka, długość drutu z długością ołówka. *za-tem można* porównywać objętość z objętością, powierzchnię z powierzchnią, długość z długością. Ale nie można porównywać *n. p.* powierzchni z długością, gdyż, ilekolwiek razy zwiększymy jaką długość, zawsze otrzymalibyśmy *ten sam* długość, nigdy zaś powierzchnię. Taksamo nie można porównywać powierzchni z objętością ani objętości z długością.

Przypuśćmy, że porównaliśmy *przy długości* *n. p.* długości trzech prętów A, B, C. Przekonaliśmy się, że:

- pręt A jest 3 razy dłuższy od pręta B,
- pręt B jest 4 razy dłuższy od pręta C.

*n. p.*

*1. większe Ci*

*objętości 13. 12. 11. 10. 9. 8. 7. 6. 5. 4. 3. 2. 1. 0. 1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10. 11. 12. 13.*

*powierzchnia 1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10. 11. 12. 13.*

*H ma*

*H 3*

*1. ym*

*H. Morina*

*n. p. na powierzchni*

*H. pewną, nową*

*H 3*



Wydano w 1885 r.  
Zakładu Narodowego im. Ossolińskich  
we Lwowie.



5

Wybieramy długość pręta C za jednostkę długości, czyli  
powiedzmy:

Długość pręta A = 12 razy długości pręta C;

Długość pręta B = 4 razy długości pręta C.

Gdyby wszyscy wiedzieli, jak długi jest pręt C, mogłoby  
było krócej powiedzieć:

Długość pręta A = 12.

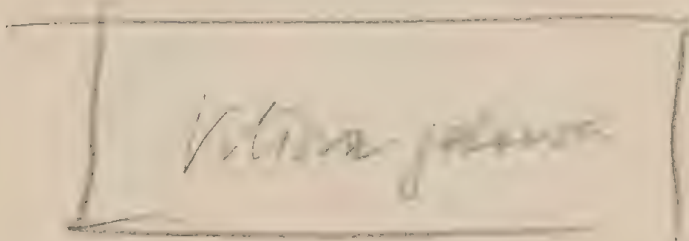
Długość pręta B = 4.

Taką właśnie długością, którą wszyscy znają, jest w wielu  
krajach metr [m]. Długość metra jest bardzo dokładnie  
i łatwo otrzymać jego kopję, czyli odtworzenie. Gdy zatem  
powiemy „pięć metrów” lub „czterdzieści metrów”, wszyscy be-  
dą wiedzieć, o jakiej długości mówimy.

Długości porównujemy zatem z wzorem czyli mierzą me-  
trami. Ale niekiedy bywa nam dogodniej mierzyć długości  
za pomocą części metra. Mamy tych części są następujące:

- dziesiętna część metra nazywa się decymetrem [dm];
- stosunkowa część metra nazywa się centymetrem [cm];
- trzysta część metra nazywa się milimetrem [mm];

Fig. 1. Wyobraź 1 decymetr [w rzeczywistości długości], po-  
dzielony na 10 centymetrów i na 100 milimetrów.



Rysunek № 1



WYDAWNICTWO KSIĄŻEK SZKOLNYCH  
Zakładu Narodoowego im. Ossolińskich  
w Lwowie.







WYDAWNICTWO KSIĄZEK SZKOLNYCH  
Zakładu Narodowego im. Ossolińskich  
we Lwowie.



~~siły~~. Człowiek wywiera siłę zapomocą mięśni. Ale nie tylko człowiek ma władzę wywierania siły. Kula tocząca się przewraca kęgle; woda płynąca porusza młyn wodny; wiatr wznosi kurz do góry, pędzi liście, spadające jesienią, obraca wiatraki, niekiedy zrywa kapelusze z głów, a nawet dachy z domów. Sprężyna nakręcona wprawia kółko zegarka w ruch, więc musi je popychać i pociągać podobnie, jak ręka ludzka popycha i pociąga korbę koła, które obraca. Rzeczywiście, jeśli skreścimy sprężynę ręką, albo taśmę kauczukową mocno wyciągniemy w rękę, uczujemy, że sprężyna uciska rękę, że taśma ją ciągnie, zupełnie jak gdyby ktoś ją uciskał lub ciągnął. Próbuąc zgiąć młode drzewko i pochylić ku ziemi, czujemy, że ono opiera się temu i ciśnie na naszą dłoń. Więc sprężyna skrecona, taśma wyciągnięta, drzewko zgięte wywierają siłę; nazywamy ją *siłą sprężystości*.

Powiadamy zatem: do wyprowadzenia jakiegobądź ciała ze spoczynku potrzeba działania *siły*.

#### § 4. Działaniu Każdej siły towarzyszy przeciwdziałanie.

Ciągnąc szufladę, popychając drzwi lub okno, poruszając lampę lub huśtawkę, wprawiając koło w obrót, czujemy ~~jakby~~ <sup>my</sup> ~~opór~~ szuflady, drzwi, okna, koła, lampy lub huśtawki. Zatem ~~gdy~~ <sup>my</sup> wywieramy pewną siłę, na nas wywierana jest pewna siła przeciwna. Inaczej mówimy, że działaniu naszemu na ciała towarzyszy przeciwdziałanie, którego od tych ciał doznajemy. Każde wogóle działanie łączy się w podobny sposób z przeciwnem mu przeciwdziałaniem. Przeciwdziałanie możemy wykazać ~~przez~~ <sup>w</sup> ~~przez~~ sposobami. Pomieściwszy się ~~w~~ <sup>w</sup> huśtawce lub w łódce, pocznijmy wyrzucać z niej kamienie, uprzednio tam położone. Zobaczymy, że huśtawka lub łódka cofa się za każdym rzutem. Kiedy więc my odpychamy kamienie, kamienie równocześnie odpychają nas, a za naszym pośrednictwem łódkę czy huśtawkę. Z podobnej przyczyny pochodzi wsteczne uderzenie, które otrzymujemy, dając strzał ze strzelby, jak również znane cofanie się armat podczas wystrzału.

*H różnami H J*



WYDAWNICTWO KSIĄŻEK S. KULMICH  
Zakładu Narodowego im. Ossolińskich  
we Lwowie.







WYDAWNICTWO KSIĄŻEK S. K. L. H.  
Zakład Narodowy im. Ossolińskich  
we Lwowie.



Nalewamy wody do któregoś zasklepionego naczynia; na powierzchni wody umieszczamy dwa jełazkowe, lekkie, drewniane lub korkowe czółenka. W jednym czółenku układamy spory magnes /zob. rozdział piąty/, w drugim kawałek miękkiego żelaza. Kiedy czółenka znajdują się, w niezbyt znacznej odległości od siebie, w środku naczynia i woda dokoła nich jest spokojna, uwolnijmy je i pozwólmy /zob. czółenkom jednocześnie/ poruszać się swobodnie. Postaramy się wówczas, że czółenka płyną ku sobie. Zatem magnes ciągnie ku sobie żelazo, ale jednocześnie żelazo pociąga magnes ku sobie.

Typowi dajmy więc ogólnie razu działania i przeciwdziałania w sposób następujący: dwa ciała wywierają na siebie wzajemną siłę skierowaną przeciwnie. Innymi słowy, działaniu silniejszej siły towarzyszy zawsze działanie silniejszej, skierowanej przeciwnie i równoważnej do ciała, które pierzysze się wycofać.

### § 5. o równowadze.

Kiedy siła działa na jakiegokolwiek ciele, wyprowadza je ze spoczynku i wywołuje ruch. Jeżeli każdy ruch odbywa się w jakimś kierunku, zatem każda siła działa w jakimś

kierunku, mianowicie w tym, w którym nadaje ruch. Na przykład drzewko zgięte ciśnie w tym kierunku, w jakim powraca do swego zwykłego położenia, gdy je oswobodzimy od nacisku.

Wyobraźmy sobie, że na jakiegokolwiek ciele działają jednocześnie dwie siły, ~~które~~ mające wprost przeciwnie kierunki. Przypuśćmy ~~że~~ że jedna ciągnie ciało w prawo, a druga w lewo. ~~Ciało~~ Ciało nie poruszy się ani w prawo ani w lewo i pozostanie w spoczynku. Mówimy wówczas, że siły równoważą się; ~~mówimy~~ mówimy, że ciało pod działaniem dwóch jednakowych, lecz przeciwnych sobie sił pozostaje w równowadze. Jeżeli ~~dwaj~~ dwaj ludzie, jednakowo silni, staną po dwu stronach wagonu



*[Moje wydanie się  
wówczas, że  
Siły równe sobie i prze-  
ciwnie skierowane,  
a zatem*

*H. n.*



WYDAWNICTWO KSIĄŻEK SZKOLNYCH  
Zakładu Narodowego im. Ossolińskich  
w Lwowie.

Rys. 2.

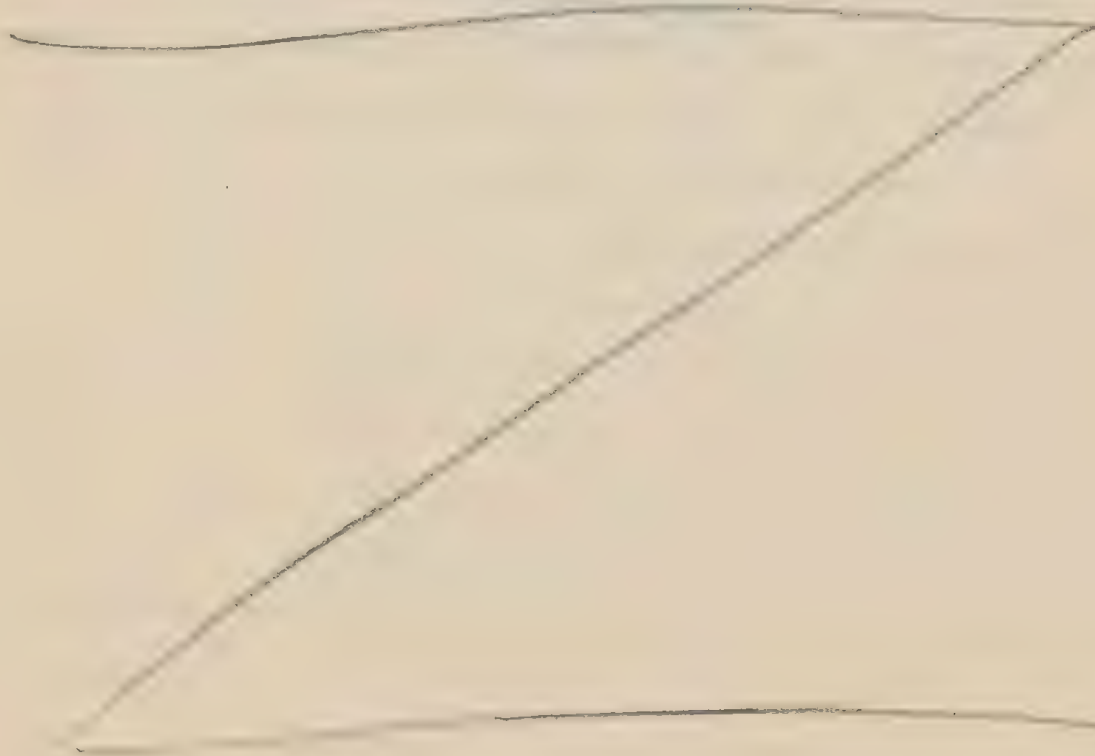
i każdy pocznie ciągnąć ku sobie (rys. 2.) wówczas wagon nie ruszy wcale z miejsca, jak gdyby go nikt nie ciągnął.

Należy to dobrze zrozumieć, iż równowaga dwóch różnych sił nie ma nic wspólnego z istnieniem pomiędzy ~~dwoma~~ dwoma ciałami działania i przeciwdziałania, o których była mowa w § 12. Równowagę mamy, kiedy ~~dwie siły~~ przeciwne zostają przyłożone do tego samego ciała, jak to np. widzimy na rys. 2-im. Działanie zaś i przeciwdziałanie pomiędzy dwoma ciałami, jak mówiliśmy w § 12., nie są przyłożone do tego samego ciała, lecz przeciwnie do dwu różnych ciał, wzajemnie działających na siebie, zatem wogóle nie wytwarzają równowagi.

H 4-ym  
Et równie i [sobie siły]

17 4-ym

Przykład 7. A z posiadaw dwóch ludzi, wpostrzeżonych na rys. 2-im. Pierwszym jest ten, który ciągnie w prawo. Wagon porusza się wówczas także w prawo, w kierunku działania siły, znaczniejszej. Jeżeli się dalsze na prawo ciągnie siły są przeciwne i nierówne sobie, nastąpi ruch w kierunku działania siły przeciwniejszej. Wagon porusza się tym sposobem, która z dwóch przeciwnych sił jest znaczniejsza.



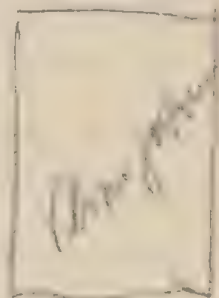


WYDAWNICTWO KSIĄŻEK S. K. L. W.  
Zakładu Narodowego im. Ossolińskich  
we Lwowie.

ii  
6. Siła ci ciężkości.

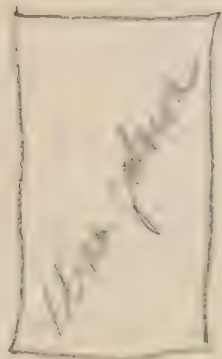
Umocujmy w podkole jedyn koniec tęgą kłosekowej a drugi ciężar ku sobie, czujemy, że tęgą ciążnie naszą rękę ku dołowi. Wtedy dźwij kamień i trzymajmy go w dłoni. Kamień ciążnie rękę ku dołowi, podobnie jak ciężar jest tęgą. Poróżnij kamień na młotku lub poduszce, kamień przyciska je podobnie, jak gdyby było rękę przyciskał. Zmieńmy kamień na drzewko w tym samym, drzewko nie występuje się, jak gdyby kto przetrząsnął je ręką (rys. 3-4). Jakże siła musi być działająca na kamień, która sprawia, że kamień może przyciskać nas ciążąc. Właśnie ta siła jest siłą ci ciężkości.

Wszystkie ciała, z których coś jest zrobione podobnie, są ci ciężkie, na wszystkie te ciała działa siła ci ciężkości. Ciężar ciała jest to siła działająca na to ciało siłą ci ciężkości.



rys. 3.

Gdy trzymamy kamień w ręku, równowagę ci ciężar ciała ciała siła siłami. Gdy otworzymy rękę, kamień spada tylko siłą ci ciężkości. Wiemy, że kamień porusza się ku dołowi, że będzie spadał. Wtedy siła ci ciężkości ciążnie ciało ku dołowi, ku ziemi.



rys. 4

Nie, opóźniona ci ciężar i trzymamy w ręku (rys. 4.) lub zawieszona drutem kuśca nieruchomo, nazywa się pionem. Jedyn kierunek siły ci ciężkości, ci ciężarek opuszcza się jak tyłko może najniżej, nie opiera się i nie zmienia kierunku linii prostej, który nazywamy kierunkiem pionowym, ku dołowi siła ci ciężkości działa więc w kierunku pionowym, ku dołowi, kierunek ten nazywamy za pomocą pionu.





WYDAWNICTWO KSIĄZEK SZKOLNYCH  
Zakładu Narodowego im. Ossolińskich  
we Lwowie.

§ 7. Ciężary rozmiarych ciał.

Trzymając w ruku rozmaite przedmioty, czujemy, że one nie są jednakowo ciężkie. Kawałek żelaza jest znacznie cięższy niż kawałek korku tej samej objętości, kawałek szkła jest znacznie cięższy niż kawałek korku tej samej jak i tego objętości.

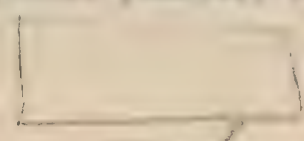


rys. 5

Wziąć kłóć drewnianą i włożyć ją górnym końcem, np. na szlce poziomej /rys. 5./ na swobodnym końcu przetrząsnąć kłóć żelazny /rys. 5a/, zawieszony na przetrząsnionej szlce, o ile milimetrów wyciągnie się sprężyna pod działaniem ciężaru żelaza. Powtórzyć to samo doświadczenie z kłóćką

drewnianą, tej samej objętości jak poprzedni żelazny /rys. 5b/, obserwując, że kłóćka drewniana wyciągnie sprężynę mniej, niż żelazna.

Zawieszmy teraz na tej samej sprężynie dwa kłóćki żelazne, zupełnie jednakowe co do objętości i kształtu /rys. 6a/. Wiadomo, że dwa kłóćki wyciągają sprężynę o dwukrotnie więcej niż jeden kłóćek. Ale dwa jednakowe kłóćki są niewątpliwie dwa razy cięższe niż jeden kłóćek. Powiadamy zatem, że wyważenie, którego doświadczamy sprężyną, jest tem większe, im większy jest ciężar, który na nią działa. Wiedząc, o ile milimetrów wyciągnie się sprężyna pod działaniem ciężaru pewnego ciała 1, możemy przekonać się, czy ciężar innego ciała 2 jest 2, 3, 4 .... razy większy /lub mniejszy, niż ciężar 1, zawieszając w tym celu 2 na sprężynie i porównując wydłużenie z owym zapamiętaniem, które sprawił ciężar 1. Przyszły przedmiotowy na rys. 5-m może więc służyć do porównywania pomiędzy sobą ciężarów czyli do ważenia. Na tej zasadzie



rys. 6

położa urządzenie t.j.w. wagi sprężynowej /rys. 6/.



WYDAWNICTWO KSIĄŻEK SZKOLNYCH  
Zakładu Narodowego im. Ossolińskich  
we Lwowie.





WYDAWNICTWO KSIĄŻEK SZKOLNYCH  
Zakładu Narodowego im. Ossolińskich  
we Lwowie.

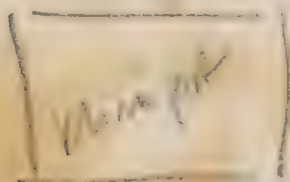
### § 9. Środek ciążkości.

Możemy drążek drewniany /rys.7/, wykreślić w jego środku kółeczko  $C$  a na końcach uwiecznić jednakowe ciężarki  $G, G$ . Zamocujemy kółeczko na nitce lub na haczyku. Używając nitki lub haczyka, możemy trzymać drążek w równowadze t.j. tak, żeby nie przechylił się ani w jedną, ani w drugą stronę; możemy nawet, nie szkodząc równowadze, podnosić drążek ku górze. Dwa równe ciężary, działające na końcach drążka, równoważą się tutaj z siłą naszych mięśni, działającą na środek drążka. Dławi drążekowi równowagę lub podnosimy bezpośrednio jedną z ciężarek  $G, G$  tak, jak gdybyśmy bezpośrednio do nich, przyłożyli naszą siłę  $H$ . Możemy tedy zastąpić te dwa ciężarki  $G, G$  przez jeden dw. razy większy ciężarek  $F$ , wiszący w połowie drążka /rys.8./.

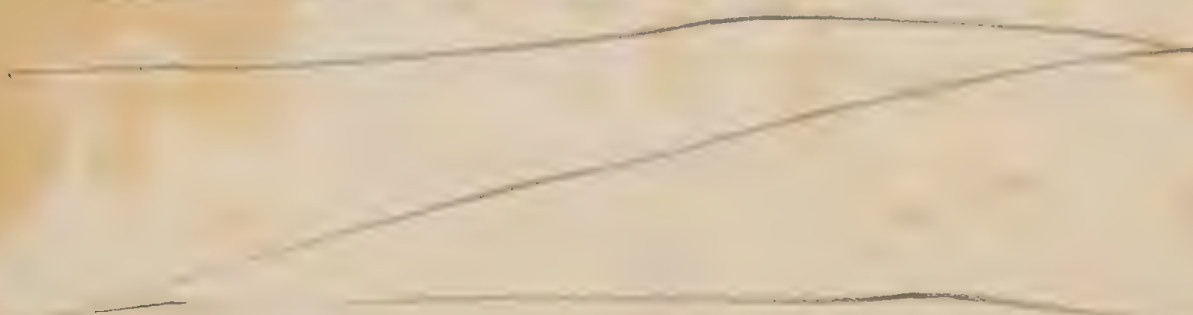
Siła działająca na środek drążka wyobrażamy /na rysunku 8-ym i na innych rysunkach w tej książce/ za pomocą prostego odcinka, zakończonego strzałką. Kierunek odcinka wskazuje kierunek działania siły, długość zaś odcinka jest tem większa, im silniejsza jest siła, którą chcemy wyobrazić.

Przypuśćmy teraz, że drążek dźwiga cztery ciężarki  $G, G, G, G$  jak na rys.9-ym. Możemy zastąpić i te cztery ciężarki przez jeden cztery razy większy ciężarek  $F$ , wiszący w połowie, podobnie jak uczyniliśmy to przed chwilą w przypadku dwu ciężarków /rys.8./.

Cztery siły  $G$  składają się zatem tutaj na siłę  $F$ , która je może zastąpić, taka siła  $F$  nazywa się wynikową siłą pierwotnych  $G, G, G, G$ .



rys. 9





WYDAWNICTWO KSIĄŻEK SZKOLNYCH  
Zakładu Narodowego im. Ossolińskich  
we Lwowie.





WYDAWNICTWO KSIĄŻEK SZKOLNYCH  
Zakładu Narodowego im. Ossolińskich  
we Lwowie.

prękość, naprężenie, prędkość i przyspieszenie  
/ 1 cm/sec / i. Jeżeli np. ziarna jadalne sąsiadują do  
jednostajnie i przemieszczają się w kierunku 5 sekund,  
to w przeciągu jednej sekundy, przebyły 12 cm. Prędkość  
wynosi zatem 12 cm na sek; jest 12 razy większa od jednost-  
kowej prędkości 1 cm na sek.

### Sedamtu.

1. Ilość kilometrów na godzinę, ile metrów na sekundę,  
wynosi prędkość pociągu, który przebył drogę 12  
kilometrów w przeciągu 20 minut?
2. Ułamek tygodnia jednostajnie z prędkością 5 km na  
sek. Jaki ułamek tygodnia przebył w odległości 120 km?
3. Prędkość z jaką przebył jednostajnie 120 km na  
sek. Wyrażenie to wyrażenie w kilometrach na go-  
dzinę.
4. Jakiemu cięciu ciała odpowiada na przykładzie, droga  
120 kilometrów, gdy porusza się z prędkością 5 km  
na sek na sek?

12. Sek, ułamek z trzech części.

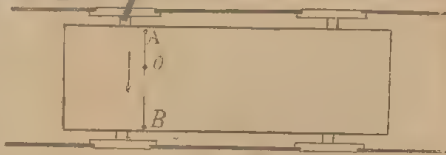
Prędkość jednostajnie oznacza, że położa i przemieszczają się  
tę samą prędkością w każdym kierunku czasu t.j. zawsze  
taki sam ruch przemieszczają, jaki odbywa się z takim; nie  
zmienia tego od czasu ruchu własnego, zupełnie tak, jak przemieszczają  
nie sami przemieszczają, lecz ciążą w kierunku. Zatem, że ruch  
własny przemieszczają się ruchy; ruch przemieszczają się ciążą  
i ruch własny, lub też, że ruch własny ruch, przemieszczają się ruch  
ruch własny.



WYDAWNICTWO KSIĄŻEK SZKOLNYCH  
Zakładu Narodowego im. Ossolińskich  
we Lwowie.

Przypuśćmy, że siedzimy nieruchomo w wagonie, który toczy się po szynach. Względem wagonu nie zmieniamy miejsca; ściany wagonu i przedmioty w nim umieszczone wydają nam się nieruchome; gdyby nie turkot i wstrząśnienia, moglibyśmy sądzić, że nie jesteśmy wcale w ruchu. Ale skoro wyjrzymy przez okno, dostrzegamy, że poruszamy się, że uczestniczymy mianowicie w postępowym ruchu wagonu; dostrzegamy, że względem ziemi, względem drzew, względem domów przydrożnych jesteśmy w ruchu. Siedząc w wagonie nie widzimy jego ruchu, ale dostrzega go człowiek, który stoi koło toru kolejowego.

Przypuśćmy, że ktoś po wagonie chodzi wszerz, n. p. od okna do okna. Przypuśćmy, że rys. 2 przedstawia widok tego wagonu, widziany z góry, czyli innymi słowy widok wagonu, jak gdyby przeciętego płaszczyzną poziomą. Niechaj  $O$  będzie miejscem człowieka w wagonie.



Rys. 20

Jeśli wagon jest w spoczynku, wtedy drogą, po której ruch człowieka się odbywa, jest prosta  $AB$ . Ale jaką drogę odbywa człowiek, jeśli chodzi wszerz po wagonie, biegnącym po szynach (rys. 3)? Człowiek odbywa wówczas jednocześnie dwa

ruchy: 1. chodzi po wagonie wszerz, jak chodziłby po nieruchomym wagonie; 2. posuwa się naprzód wraz z wagonem i ze wszystkim, co wogóle znajduje się w wagonie. Dzięki pierwszemu ruchowi porusza się on w ciągu sekundy od  $A$



Rys. 21

do  $B$  (rys. 21); byłaby to jego droga, gdyby wagon stał w miejscu. Ale wagon w ciągu tej sekundy posuwa się naprzód o długość  $AC$ ; z nim razem cała droga  $AB$  jak gdyby posuwała się naprzód również o długość  $AC$ . Zatem rzeczywistą drogą czło-

10-ty LR

10-ty LR

H. M. J. 10



WYDAWNICTWO KSIĄŻEK SZKOLNYCH  
Zakładu Narodowego im. Ossolińskich  
we Lwowie.

26.

wieka jest linją AD. Posuwając w myśli człowieka od A do B wzdłuż linii AB a jednocześnie posuwając całą linię AB naprzód wzdłuż kierunku AC, zrozumimy natychmiast, że człowiek posunął się ostatecznie po drodze AD. Powiadamy zatem: droga AD jest wypadkową drogą, która zastępuje dwie drogi składowe, razem wzięte: AB i AC.

Ażeby znaleźć drogę wypadkową, która może zastąpić dwie dane drogi składowe, należy zbudować równoległobok na drogach składowych; przekątnia tego równoległoboku wyobraża drogę wypadkową co do długości i kierunku.

Wiadamy, że zasada składania dróg, którą tutaj poznaliśmy, jest podobna do zasady równoległoboku sił, znanej nam już z § 11-go, nazywamy ją podobnie zasadą równoległoboku dróg, albo jeszcze: zasadą równoległoboku reakcji.

### § 19. Bezwładność.

Wiemy z § 5-go, że ciało spoczywające nie zaczyna się poruszać, dopóki siła z zewnątrz przyłożona, nie zmusi go do wyjścia ze spoczynku.

Przypuśćmy teraz, że ciało już znajduje się w ruchu. Przeglądając się uważnie zachowywaniu się ciała będącego w ruchu, spostrzeżemy, że ciało, które porusza się, nie zatrzymuje się samo przez się, że trwa w ruchu natychmiast, dopóki go nie powstrzyma siła z zewnątrz przyłożona. Ciało rozpędzone nie zatrzyma się, ani nie zwolni biegu, ani nawet nie zboczy od pierwotnego swego kierunku, jeżeli nie zmusza go do tego siła obca, zewnętrzna. Taką powszechną własność ciał nazywamy ich bezwładnością. Powiadamy, że wszystkie znane nam ciała są bezwładne.



WYDAWNICTWO KSIĄŻEK SZKOLNYCH  
Zakładu Narodowego im. Ossolińskich  
w Lwowie.

Jeżeli ~~zatem~~ zatem na równo ciążko nie działają żadne siły /albo też, jeżeli siły działające na nie równoważą się wzajemnie ze sobą/, wówczas ruch odbywa się mocą samej tylko bezwładności. W takim ruchu prędkość jest stała i kierunek ruchu jest niezmienny; a zatem: ruch przez bezwładność jest jednostajny i odbywa się w kierunku linii prostej.

Przykłady bezwładności spotykamy codziennie. Wyskakując z biegnącego powozu, czujemy, że ciało nasze dąży do zachowania ruchu. Gdy stoimy w biegnącym wagonie, a pociąg nagle zwalnia, stopy nasze, oparte o podłogę, zwalniają swój bieg, ale reszta ciała przez bezwładność pochyla się naprzód. Wprost przeciwnie, jeśli stoimy w wagonie nieruchomym, a pociąg nagle rusza, przechylamy się wstecz ~~przez inercję~~. Z podobnego powodu gmachy i budynki pękają i rozpadają się na skutek trzęsienia ziemi; fundamenty poruszają się nagle, reszta zaś budowli trwa przez bezwładność w poprzednim spoczynku. Korzystamy z bezwładności, gdy strząsamy z drzewa dojrzałe owoce; przez bezwładność długi kij drewniany łamie nam się w rękę, gdy, trzymając jeden koniec, próbujemy nagle wywijać ~~inną~~ bardzo prędko. Jeżeli, znajdując się w wagonie, upuściliśmy pieniądz na podłogę, wówczas spadnie on do stóp naszych, bez względu na to, czy wagon biegnie, czy jest zatrzymany. To dowodzi, że moneta nawet i wtedy, kiedy spada swobodnie w powietrzu (kiedy przeto nic jej nie ciągnie ani nie popycha), zachowuje ruch, jaki miała, zanim została puszczone, mianowicie ruch wagonu. Płynąc czołnem, wyrzucimy piłkę pionowo do góry; nie wpadnie ona do wody poza czołnem, lecz wróci do naszych rąk. A zatem piłka podczas swej drogi w powietrzu zachowuje ruch, jaki miała, zanim została wyrzucona do góry, t. j. ruch czołna.

/nab, tego

H. Kijem





WYDAWNICTWO KSIĄŻEK SZKOLNYCH  
Zakładu Narodowego im. Ossolińskich  
we Lwowie.

## § 20. Tarcie i jego wpływ na ruch ciał.

Wielkość wywołuje się na poziór, że ciała nie zawsze zachowują się tak, jak gdyby były bezwzględnie /§ 19./. Wymuszone w ruch, ciała niekiedy zatrzymują się; napozór same przez się stają. Wózek, popchnięty po zakrętej ścieżce, niebawem zatrzymuje się; rozkołysana huśtawka uspokaja się rychło; koło osadzone na osi, wprawione w ruch obrotowy, wkrótce przestaje się kręcić. Ale w tych wszystkich przypadkach ciała nie są wcale swobodne od działania sił zewnętrznych, nie poruszają się zatem wyłącznie przez własną bezwładność. we wszystkich tych przypadkach ciała doznają tarcia. Koła wozu doznają tarcia od piasku lub żwiru ścieżki; sznury huśtawki trą się o haki, na których są zawieszane; osi koła trą się o łożysko, w którym się kręci. Żwir, piasek, ziemia, drzewo, sukno są chropowate, są szorstkie, powierzchnia takich ciał jest pełna drobnych wgłębności i wyniosłości, jest „wyboista”. Łatwo zrozumieć, że ciało, które podczas ruchu styka się z taką powierzchnią, musi doznawać przeszkody, oporu i tarcia.

Im bardziej zmniejszamy tarcie, które sprzeciwia się ruchowi rozpadzonego ciała, tem ściślej prawo bezwładności okaże się spełnione /§ 19./. Po gładkich szynach wagon biegnie daleko mocą bezwładności; potocznie sunie ryżwierz po równym lodzie. Wależycie wyolimpienem łożysku oś koła doznaje słabego tarcia, koło zatem, wprawione w ruch obrotowy, kręci się dłużej. Po gładkiej posadzce kula potoczy się dalej niż po suknie; po lodzie wózek dalej pobiegnie niż po żwirze.

Czemu tak trudno przesunąć skrzynię po ziemi lub po podłodze? Skrzynia jest ciężka; ale siła ciężkości działa na dół pionowo /§ 6/. a zatem nie sprzeciwia się wcale /por. § 12/ poziómu ruchowi. Trudno jest posunąć



WYDAWNICTWO KSIĄZEK SZKOLNYCH  
Zakładu Narodowego im. Ossolińskich  
we Lwowie.

29

skrzygnię po podłożu z powodu tarcia tego ciała o powierzchnię podłoża i. kreczywiście, natrafia na ciekaw inny opór, gdy chcemy wóz zanieść, niż kiedy próbujemy go ciągnąć.  
 1. pierwszym razie mamy do czynienia z ciężarem wozu, w drugim razie - z tarcieniem kół o ziemię, z tarcieniem osi o panewki. -  
 Kłoseń doznaje znacznego tarcia o sukno, mniejszego o szkło lub o lód; tymczasem, czy kłoseń leży na suknie, na szkle czy na lodzie, jego ciężar jest oczywiście ten sam.

Wiadzieliśmy, że tarcie bywa nieraz przeszkodą w ruchu; lecz właśnie ta przeszkoda bywa nam często pożyteczna a nawet niekiedy wprost niezbędna. Nie możemy chodzić bezpiecznie po drodze bardzo śliskiej, od której stopy nie doznają dostatecznego tarcia; podczas wypraw górskich niema też nic niebezpieczniejszego, niż poszukiwanie się po powierzchni olizanych brzoź lodu, zwanych lodowcami. Bez pomocy tarcia nie moglibyśmy wcale trzymać przedmiotów w ręku, bez współdziałania tarcia ludem wódek nie trzymalibyśmy w szklance; stoły, szafy, krzesła nie stałyby w miejscu, musielibyśmy po podłożu z ładu pobudka. Gdyby nie tarcie, kula lodowcowa kreciłaby się "luźno" i podłoga nie posuwałaby się wcale naprzód po szynach. Gdyby nie tarcie, kłosa z naszych rąk byłaby wytłobiona oddawała olizynia pod dnem swojej przepaść; każda z naszych rąk kłosa byłaby się rozsypana oddawała.

#### § 21. Współdziałanie opór ciała.

Jeżeli ciało znajduje się w spoczynku i próbujemy je poruszyć, czujemy wóweczas, że ono opiera się naszemu działaniu. Jeżeli zaś ciało już jest w ruchu, wówczas opiera się każdemu usiłowaniu powstrzymania go w blaga. Ciężkie ciało opiera się w pełni oporem na każde działanie, zmierzające do zmiany ich spoczynku na ruch lub też ruchu na spoczynek. Ten opór nazywamy ciężkością.



WYDAWNICTWO KSIĄŻEK SZKOLNYCH  
Zakładu Narodoowego im. Ossolińskich  
we Lwowie.

Bezwzględny opór ciała ~~nie~~ objaśniamy sobie bardzo łatwo, nie mamy zjawiska działania i przeciwdziałania. Wiemy istotnie z I i II-go, że każdemu wywieraniu siły, czyli działaniu, towarzyszy zawsze przeciwdziałanie, t.j. wywieranie siły przeciwnej na ciało, które siłę wywiera. Opór bezwzględny, którego doświadczamy od ciała, jest właśnie przeciwdziałaniem tego ciała, wywieranego na nasze mięśnie.

Bezwzględny opór ciała jest nam znany z codziennego doświadczenia. Wyobraźmy sobie spore koło rozpedzone, albo kamień młyński; gdy takie ciało jest osadzone na osi i kręci się, o ile osobna bez tarcia, próbujemy wprowadzić je do spoczynku w ruch; albo też próbujemy zatrzymać je, gdy zostało wprowadzone w ruch obrotowy. Sama ostrożność, z jaką należy przedsięwziąć wszelką próbę osobną, świadczy, jak wielki bywa opór bezwzględny ciała, które chcemy ruszyć lub zatrzymać. Jedną rzecz można powiedzieć o tego rodzaju doświadczeniu, postępujemy się silnymi hamulcami, tylko potężne ich tarcie o kółka wagonów jest w stanie zwyciężyć rozpęd, którym biegnący pociąg jest ożywiony.

Przypuśćmy, że na stole leży jakoś dość ciężkie np. stalowy ciężarek. Przemieszczamy go do ciężarki, ujmujemy jej swobodny koniec w rękę i nagłym pociągnięciem do góry próbujemy podnieść ciężarek. Nitka urwywa się, zabuwamy: dlaczego? Nitka nie zdołała wyczerpać wytrzymałości, które podczas szarpania były w niej czynne. Ale wiemy przecież, że nitka może tylko wówczas rozzerwać, gdy ciągniemy jej końce w strony przeciwne. A zatem w nitce, w chwili szarpania, musiały działać dwie siły. Jedną, skierowaną do góry, było nasze pociągnięcie; temu działaniu ciężarek sprzeciwił się, przeciwdziałając mu opór bezwzględny, skierowany do dołu. Takie były dwie siły, które rozzerwały nitkę.



WYDAWNICTWO KSIĄŻEK SPOŁEŃSTWA  
Zakładu Narodowego im. Ossolińskich  
w Lwowie.





WYDAWNICTWO KSIĄŻEK SIKOLNICH  
Zakładu Narodowego im. Ossolińskich  
w Lwowie.

32

Przypuśćmy, że na szynach kolejowych stoi ~~xxxxxxx~~ wózek zakryty, którego zawartość nie jest nam znana. Aby przekonać się, czy wózek jest pełny czy pusty, co każdy uczyni? potrąci ów wózek albo go popchnie. Wiemy istotnie, że wózek pusty, gdy zostanie popchnięty, potoczy się stosunkowo daleko; wózek naładowany, który równie mocno popchnięliśmy, poruszy się leniwie i zatrzyma się wkrótce. Pod działaniem tej samej siły ciało lekkie nabywa stosunkowo większej prędkości, którą tarcie niebawem niweczy; ciało mało lekkie nabywa prędkości znacznie większej, którą nie wyczerpuje ci tak rychło przez tarcie.

### § 23. Jak poruszają się ciała pod działaniem sił.

Chcemy teraz zbadć dokładniej, jak poruszają się rozmaite ciała pod działaniem rozmaitych sił. W tym celu przenosimy dotychczasowe nasze spostrzeżenia z toru kolejowego na stół pokoju szkolnego, powtarzając te doświadczenia, zmieniając ich skalę, odczytując je o ile można dokładnie.



Na poziomej, szklanej stole/lub lepiej na metalicznych szynach, znajduje się wózek A, który porusza się zatem o ile podobnie bez tarcia. Wzdłuż drogi wózka sporządzono skalę, z metryczną podziałką. Siłą pociągową dostarcza ciężar drobnego ciężarka B, umieszczonego, jak pokazuje rysunek.

w lekkiej szalce; ciężar ten działa na wózek za pośrednictwem nici, przetrzonej przez bleczek B.



WYDAWNICTWO KSIĄZEK SZKOLNYCH  
Zakładu Narodowego im. Ossolińskich  
we Lwowie.

Szalkę wraz z ciężarkiem  $\Gamma$  trzymamy najprzód nieruchomo w ruku, następnie puszczaemy go swobodnie, nie popychając ani trącąc w żadnym kierunku. Ciężarek  $\Gamma$  zaczyna opadać i ciągnie za sobą wózek. Podsuwając zastawkę  $\Sigma$ , zatrzymujemy szalkę w chwili, kiedy od początku ruchu upłynęła 1 sekunda. Ciężar  $\Gamma$  działał zatem na wózek  $\Sigma$  przez czas 1 sekundy.

Wózek, rozprędzony tem działaniem, w końcu 2-iej sekundy, nagle uwolniony od niego, porusza się dalej przez bezwładność, ruchem jednostajnym, z taką prędkością, jaką nabył przez czas tej 1 sekundy. Silnie zauważamy tę prędkość w ruchu jednostajnym, żeby ją zmierzyć, odczytuje  $\Sigma$  drogę, którą wózek przebywa w ciągu jeszcze dalszej /drugiej/ sekundy.

Powtórzmy teraz doświadczenie poprzednie, z tą różnicą, że pozwalamy ciężarowi  $\Gamma$  działać na wózek  $\Sigma$  przez czas 2 sekund, poczem znów powstrzymujemy szalkę; spostrzegając drogę przebytą w ruchu jednostajnym w ciągu dalszej /trzeciej/ sekundy, mierzymy prędkość nabytą przez wózek w czasie 2 sekund. Tak samo mierzymy prędkość, którą wózek nabywa, gdy pozostaje pod działaniem ciężaru przez czas 3, 4, 5 ..... sekund. Przekonamy się w ten sposób, że nasz następujący prawo jest prawdziwe: Im dłużej działała siła poruszająca, tem większa jest prędkość, nabyta przez ciało. Prędkość nabyta po upływie 2 sekund jest dwa razy większa niż nabyta po upływie 1 sekundy: nabyta w ciągu 3 sekund jest 3 razy większa niż nabyta po upływie 1 sekundy itd.

#### §4. Przypuszczenie.

Przekonaliśmy się w artykule poprzednim, że od działania siły stałej /nie zmieniającej się/ prędkość poruszającego się ciała coraz bardziej się powiększa. od początku ruchu do końca 1-iej sekundy przybyła ciąża tyle



WYDAWCA: ADAM S. W. H.  
Zakład Narodowy im. Ossolińskich  
w Lwowie.

24

prędkości, ile od końca 1-ej do końca 2-ej sekundy;  
tylkoż jej przyspieszenie od końca 2-ej do końca 3-ej sekundy,  
itd. Innymi słowy: poł dzieleniem się niezmienną przy-  
bytu ciążu w każdej sekundzie jednakowo wiele prędkości.

Jak wiadomo z § 17-go, ruch, w którym prędkość  
coraz bardziej się zwiększa, nazywa się przyspieszonym.  
Przyspieszeniem takiego ruchu nazywamy wzrost prędkości  
albo powiększenie się prędkości w jednej sekundzie. Po-  
wtarzamy zatem na wyprzedzające przed chwilą twierdzenie  
w tym sposobie następujące: ciężkie ciało porusza się pod  
wpływem siły niezmienną, ruch jego jest przyspieszony,  
lecz przyspieszenie ruchu jest niezmienną (czyli wciąż to  
samo).

Przypuśćmy na przykład, że wózek § 17-go  
ma ciężar 500 gramów, a nań złoży ciężarek § 24-go o ciężar  
10 gramów. Prędkość, nabyta przez wózek po upływie  
1 sekundy od początku ruchu, wyniesie około 20 cm na  
sek; prędkość nabyta po upływie 2 sekund wyniesie  
około 40 cm na sek; prędkość nabyta po upływie  
3 sekund wyniesie około 60 cm na sek itd. - Przyspie-  
szenie wynosi zatem 20 cm na sek. w każdej sekundzie;  
albowiem  $20 - 0 = 20$ ,  $40 - 20 = 20$ ;  $60 - 40 = 20$  itd.  
Przyspieszenie jest więc stałe.

#### § 25. Przyspieszenie ruchu zależy od siły działającej

Powtarzamy doświadczenia, opisane w artykułach poprzed-  
nich (§ 23 i 24/), kładąc na szalkę coraz znaczniejsze  
ciężarki. Samiś 10-gramowego ciężarka (jak w § 24-go)  
kładzie np. 20-gramowy, później 30-gramowy itd. Mierzmy  
prędkości nabyte przez wózek w końcu pierwszej sekundy



WYDAWNICTWO KSIĄZEK ŚKOLNYCH  
Zakładu Narodowego im. Ossolińskich  
we Lwowie.

od początku ruchu; albo też nabyte w końcu drugiej sekundy itd. Stąd otrzymujemy przyspieszenia. Przekonywamy się zawsze, że przyspieszenie ruchu jest tem większe, im znaczniejsza jest siła, która działa na ciałko.

Wózek 50-gramowy w nabywał, w czasie pierwszej sekundy od początku ruchu, prędkości 20 cm na sek. pod działaniem siły  $P = 10$  gr. Pod działaniem siły  $P = 30$  gr nabędzie zatem, w czasie pierwszej sekundy od początku ruchu, prędkości 40 cm na sek, pod działaniem siły  $P = 50$  gr. prędkości 60 cm na sek.

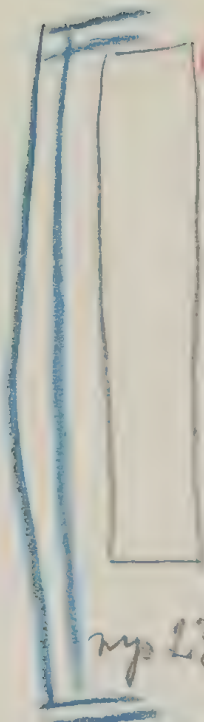
Albo innemi słowy: pod działaniem siły  $P = 10$  gr przyspieszenie wózka w wynosi stale 20 cm na sek. w każdej sekundzie. Pod działaniem siły  $P = 20$  gr przyspieszenie wynosi 40 cm na sek. w każdej sekundzie; pod działaniem siły  $P = 30$  gr wyniesie 60 cm na sek. w każdej sekundzie. Przyspieszenie ruchu jest wprost proporcjonalne do siły działającej, czyli zmienia się w tym samym stosunku jak siła.

#### § 26. Do przyspieszenia ruchu dostosowany jest zawsze ciężar bezwładny.

Wagiem szarpnięciem do góry próbowałem w § 21-ym podnieść ciężarek kilkuset-gramowy. Ta próba nie powiodła się, ponieważ urwał się nć, za której pośrednictwem pociągaliśmy ciężarek. Spróbujmy teraz poruszyć ciężarek łagodnie, ciągnąc swobodny koniec nici do góry ostrożnie, stopniowo i ostatecznie wyciągając wyciąg. Podnosimy wówczas ciało mniejszym wysiłkiem niż w ~~razie~~ razie nagłego szarpnięcia. Siła, której użyliśmy, była ni znaczna, ciężar bezwładny ciężarka był również niewielki; dlatego w tym razie nć nie zerwał się wcale.



WYDAWNICTWO KSIĄŻEK SZKOLNYCH  
Zakładu Narodowego im. Ossolińskich  
we Lwowie.



rys 23

Uwiążmy ciężarek C na nici A i zawieśmy go u sufitu. do dolnej powierzchni ciężarka C przymiemy drugą nić B (rys. 23), taką samą jak A. Jeżeli ciężarek mocno nić dolną B, to nić B przerwie się; ciężarek C skutkiem owego oporu spadnie nie tak jak gdyby był przystawiony do sufitu. Jeżeli jednak pociągniemy nić B ku dołowi ostrożnie, bezodnie wzmagając ciągnięcie, ugięta się wówczas nić górna A, łatwo to zrozumieć. Zauważmy, że A jest wyprostowana przez działanie ciężarka C, od czasu gdy B początkowo jest wolna.

Lecz czenie różni się także szarpnięcie od ostrożnego, bezodnego ciągnięcia. W tym szarpnięcie ściśle odpowiada ruch gwałtownie przyspieszony, ruch, w którym prędkość powiększa się nadszybczyj nagle. Bezodne ciągnięcie wywołuje, przeciwnie, ruch słabo przyspieszony, t.j. ruch, w którym prędkość wznosi się z czasem niemało. Powiadamy zatem: jeżeli ciężar porusza się nagle czyli nagle, wówczas przyspieszenie, które uświadcza wznosić, jest duże; zatem i siła której użyć musimy, jest duża, i 20%, opór bezwładny ciała jest wówczas także duży. Jeżeli zaś ciężar porusza się powoli, przyspieszenie jego jest małe, siła przez niego użyta jest mała, opór bezwładny ciała również jest mały.

### § 27. Ciężar ciała.

Urozmaicimy w inny sposób doświadczenie opisane w § 25-im. W wózku A ułożymy najpierw jeden żelazny klocek, następnie dwa takie same klocki, trzy takie same itd. Powtarzamy za każdym razem powtórzy, które wykonaliśmy



WYDAWNICTWO KSIĄZEK S-KOLNICH  
Zakładu Narodowego im. Ossolińskich  
w Lwowie.

w § 24-m. przekonamy się, że przyspieszenia, które wózek okazuje pod działaniem tej samej siły, są tem mniejsze, im więcej kłosew umieszczimy w wózku. Ale dwa jednokowe kłosek żelazne są 2 razy ciężniejsze niż jeden cegły mają 2 razy większą masę /zob. § 22/. Powiadamy: przyspieszenia, które okazuje ciało pod działaniem tej samej siły, są tem mniejsze, im masa ciała jest większą.

Wstawiamy w wózek § 22/ najpierw ołowiany klocek, następnie żelazny, tej samej objętości/, potem kamienny, szklany, drewniany, korkowy. Wykonawszy zmierzenie przyspieszenia i powtarzając, przekonamy się, że wózek najeżdżony ołowiem okazuje najmniejsze przyspieszenie, klocek z korku okazuje przyspieszenie największe. Ołów w tej samej objętości ma więc większą masę niż żelazo, żelazo większą niż kamień itd.; najmniejszą masę w tej samej objętości ma korek.

Wykonamy doświadczenie, które wykonaliśmy poprzednio § 4/ przy pomocy magnesu i kawałka małego żelaza. Jeżeli kawałek żelaza jest niewielki, mniejszy niż masa magnesu, spostrzeżemy bez trudu, że żelazo w ruchu ku magnesowi nabiera przyspieszenia większego niż magnes w ruchu ku żelazu; że zatem żelazo ma większe przyspieszenie. Wtedy zobowiązanie zawierane /przez magnes na żelazo i przez żelazo na magnes/ są w istocie rzeczy równe sobie; przyspieszenia ciążą się zatem w kierunku odwrotnym do ich mas.

Powracamy jeszcze raz do doświadczeń czynionych przy pomocy wózka § 22/. Przypuśćmy, że chcemy nadć wózkowi z przyspieszeniem, bez względu na to, jakie ciało znajduje się w wózku. Musimy w takim razie działać na wózek siłą największą wówczas, gdy on jest



WYDAWNICTWO KSIĄŻEK S. KOLEYNIK  
Zakładu Narodowego im. Ossolińskich  
we Lwowie.

30

naładowany ołowiem; najmniejszą zaś siłą, gdy na wózku leży klocek korkowy. Jeżeli przyspieszenie ruchu ma być to samo, tedy duża masa wymaga działania znacznej siły, mała zaś masa działania siły słabej.

#### § 28. O mierzeniu mas.

Wyobrażamy sobie dwa ciała: A i B. Przypuśćmy, że wytworzenie w ciele B pewnego wiadomego przyspieszenia /na przykład 20 cm na sek w każdej sekundzie/ wymaga działania siły 2 razy większej niż wytworzenie takiego przyspieszenia w ciele A. Na zasadzie twierdzenia podanego w zakończeniu § 27-go powiadamy wówczas: masa ciała B jest 2 razy większa niż masa ciała A. Jeżeli masę A obraliśmy za jednostkę masy, tedy zmierzylśmy tym sposobem masę ciała B; otrzymaliśmy dla tej masy liczbę 2.

Za jednostkę masy wybieramy masę jednego litra wody, nazywamy ją masą kilograma /albo krótko kilogramem/. Masa 1 centymtera sześciennego wody jest więc równa masie 1 grama.

Powyższe określenie wymaga pewnego uzupełnienia, które podamy w czwartym rozdziale /§ 139./

Porównawszy masę jakiegokolwiek ciała, w sposób przed chwilą wskazany, z masą kilograma lub grama, możemy zmierzyć masę tego ciała.

#### § 29. Zasady Dynamiki.

Nauka o zależności ruchu ciał od działania sił nazywa się Dynamiką. W artykułach poprzednich, począwszy od § 23-go, poznaliśmy najważniejsze prawa czyli zasady tej nauki. Możemy je streścić w kilku krótkich twierdzeniach:

Przyspieszenie, które ciało okazuje pod wpływem siły /czyli powiększenie się jego prędkości w ciągu sekundy/ jest tem większe, im siła jest większa; tem mniejsze, im masa ciała jest większa /§§ 25, 27/.

WYDAWACTWO KSIĄZEK SZKOLNYCH  
Zakładu Narodowego im. Ossolińskich  
we Lwowie.



### § 20. Jak ciała spadają. Przyspieszenie ciężkości.

Wiemy z § 6-go i z artykułów późniejszych, że ciała, z którymi miewamy codziennie do czynienia, są ciężkie, że ulegają działaniu siły ciężkości. To działanie jest stałe, niezmiennie. Gdybyśmy zmierzyl ciężar danego ciała przy powierzchni ziemi, później na drugim albo trzecim pięttrze wysokiego domu, albo u szczytu wieży kościelnej, nie znalazlibyśmy różnicy. Ale nie tylko wartość liczbowa tej siły jest niezmienna; kierunek jej jest również niezmienny; siła ciężkości działa z nasze w kierunku pionowym /§ 6/.

Pobrażmy sobie jakieś ciało a, na przykład małą kule ołowianą. Rozważmy to ciało zupełnie swobodnie, że znalazł się w wysokości nad ziemią. Ciało a będzie ku dołowi; upływie jednakże pewien czas, przypuśćmy kilka sekund, zanim ono dobiegnie do ziemi /§ 15/. Przez ten czas siła ciężkości działa na ciało a wciąż jednakowo: nateżenie jej jest stałe, kierunek niezmienny. Stąd wynika, według § 20-go, że ciało a będzie ku dołowi coraz prężej; w każdej sekundzie prędkość jego powiększa się. Ów przybytek prędkości czyli jej zwiększenie w jednostce czasu nazywa się, jak wiadomo /§ 17/ przyspieszeniem. Zatem: ruch ciała pod działaniem siły ciężkości jest przyspieszony; ciało spadające okazuje, w ruchu ku dołowi, pewne przyspieszenie.

Wiemy istotnie, że z żelazki lub kieszka możemy zeszczerzyć bez szkody, ale spada z wysokości stopy albo pięca

WYDAWNICTWO KSIĄZEK SIEKOLNICH  
Zakładu Narodowego im. Ossolińskich  
we Lwowie.

40 41

mógłby być bardzo niebezpieczny. szklanki, talerze i podobne przedmioty ulegają tem pewniej stłaceniu, z im niżej wysokości zostały upuszczone. To wszystko wskazuje, że prędkość, z jaką spadające ciało dobiega do ziemi, jest tem większa, im większa jest wysokość, z której ciało spada, to znaczy: im dłuższy czas upływa od początku spadania.

Zapytujemy teraz: o ile owiększa się prędkość spadającego ciała w pierwszej sekundzie spadania? o ile w drugiej? o ile w trzeciej itd. Rozwiązanie się przedstawia do ciała /ciała ciążkości/ ciężkości jednakowo w pierwszej, w drugiej, w trzeciej itd. sekundzie, zatem, mówiąc krótko: prędkość ciała spadającego owiększa się jednakowo w każdej sekundzie spadania. Albo innemi słowy: przyspieszenie ciała spadającego jest to samo w pierwszej, w drugiej, w trzeciej itd. sekundzie spadania. To nie znaczy przyspieszenie, które ciała mają podczas swobodnego spadania, z wyjątkiem przyspieszenia ciążkości.

Al. przyspieszenie ciążkości jest to jednakowe dla wszystkich ciał.

Zignorowano jednak przyspieszenie ciążkości i sprowadzono, że ono rzeczywiście jest stałe podczas spadania, od pierwszej aż do ostatniej chwili ruchu ku dołowi. Ale czyniąc takie pomiary, przekonano się jeszcze o innej prawdzie. Istnieją bowiem nas rozmaite ciała, jedne są wyrobione z żelaza, inne z miedzi, z cyny, z ołowiu; jeszcze inne z drewna, ze szkła, z gliny, z papieru, z tkaniny itd. Z wyjątkiem jest zrobione ciało, które spada, przyspieszenie ciążkości, które ono okazuje podczas spadania, jest jednakowe. Przyspieszenie ciążkości w spadaniu swobodnem



WYDAWNICTWO KSIĄZEK STACJONARZYCH  
Zakładu Narodowego im. Ossolińskich  
we Lwowie.

42

nie zależy od rodzaju /ca składu chemicznego/ ciała. Mianowicie: jakikolwiek jest ciało, prędkość jego swobodnego spadania wzrasta w każdej sekundzie prawie o 10 metrów na sekundę. Tyle zatem wynosi przyspieszenie ciężkości dla wszystkich ciał.

Gdy ciało swobodnie puszczane zaczyna spadać ku ziemi, ma prędkość równą zeru w początku ruchu, czyli w początku pierwszej sekundy. W początku drugiej sekundy ma prędkość blisko 10 m na sek.; w początku trzeciej sekundy ma prędkość niemal 20 m na sek. i tak samo dalej.

Dokładniejsza wartość przyspieszenia ciężkości wynosi w Polsce: 981 cm na sek. w każdej sekundzie.

### 32. Opór powietrza. Spadanie w różni.

Mogłoby się może wydawać, że nie wszystkie ciała spadając swobodnie, nabywają prędkości jednakowych; n. p. kamyk, moneta, kulka metalowa spadają widocznie prędzej, niż lekkie pióro lub skrawek papieru. Pamiętajmy jednakże, że spadanie, jakiś dostrzegamy zwyczajnie, odbywa się w powietrzu; ciało, poruszające się w powietrzu, doznaje oporu. Powiewając wachlarzem lub arkuszem tektury, czujemy wyraźnie opór powietrza. Trzeba uwolnić ciała spadające od tego oporu, ażeby podlegały jedynie działaniu siły ciężkości.

H. W. ...  
K. ...  
H. K. ...

W następującym doświadczeniu uwalniamy się od oporu powietrza. Z rury szklanej (rys. 26.), zaopatrzonej w kurek B,

A (który można zašrubować na talerzu pompy pneumatycznej, zob. rozdz. II.), wyciągnięto powietrze: trzymamy ją kurkiem do góry tak, że kulka metalowa i piórko, (które włożono do rury przed jej zamknięciem), leżą przy końcu A. Przewracamy teraz rurę raptownie: widzimy, że kulka i piórko spadają razem i jednocześnie dochodzą do spodu. Otworzywszy kurek, wpusciwszy tym sposobem powietrze i powtarzając doświadczenie, przekonamy się, że piórko przybiega później do spodu rury, niż kulka. Dlaczego tak się dzieje? Dlaczego opór powietrza opóźnia bardziej spadanie piórka, niż spadanie kulki? Albowiem opór powietrza zależy od powierzchni ciała, nie od jego masy. Piórko ma większą

Rys. 26. powierzchnię, niż kulka, więc doznaje od powietrza większego oporu. Nadto, ponieważ masa piórka jest mniejsza, więc wpływ tego oporu na ruch piórka będzie większy.



WYDAWNICTWO KSIĄŻEK SZKOLNYCH  
Zakładu Narodowego im. Ossolińskich  
we Lwowie.



Wskazano zatem, jak w § 31-m: wszystkie ciała spa-  
dają z jednakową przyspieszeniem pod działaniem samej tylko  
ciężkości.

### § 32-m: Ciężar i ciężar.

Twierdzenia, podane w § 31 i 32-im wywołują w pier-  
wszej chwili pewną nieurność. Kłosek żelazny jest cięższy  
aniżeli drewniany (równy z nim objętości). Na kłosek że-  
lazny działa więc siła większa, czemu nie przypisano go  
bardziej z powoduż kłosek żelazny ma większą objętość,  
ciężar, niż i większą masę, § 7, 23. Wskazywać można  
wskazywać działanie większej siły, która może być większą  
ciężar /por. § 27/.

Ciała mniej masowe i bardziej masowe spadają w róż-  
nie jednakowo, to dowodzi, że na przyspieszenie ciała działa  
ciężar większy, na mniej masowe cięższe. Inaczej mówiąc:  
cięższe ciała są w takim samym stosunku, w jakim są masy tych  
ciał.

Na jednostkę ciężaru wyrażoną w § 32-m ciężar i li-  
tra wody, za jednostkę masy wyrażoną w § 32-m masę 1 li-  
tra wody. Skoro ciężar jest w tym samym stosunku jak masa,  
nie powiadamy: ciału, które ma n.p. ciężar 5.2 kg, ma  
również i masę 5.2 kg. Ciężar, wyrażający ciężar ciała  
są takie same jak ciężar wyrażający ich masę. To jest to  
jednak ciężar ciała i masa ciała są to dwie całkiem różne  
i odrębne jego własności, jak to już powiedzieliśmy  
w § 32-im.

Wskazano przeto, że, nie pomocą działania po-  
między, że przyspieszenie ciążkości nie jest całkiem  
niezależne od właściwości ciała nad ziemią; nie wypo-  
minaliśmy o tym w § 31-m dla uproszczenia rozumowa-  
nia. twierdzenie, że przyspieszenie ciążkości jest zatem

WYDAWNICTWO KSIĄZEK SZKOLNYCH  
Zakładu Narodowego im. Ossolińskich  
we Lwowie.

1) ci śr. ciąż. zmniejsza się wraz z oddalaniem się od  
powierzchni ziemi, jednakże nie do 0. W rzeczywistości  
oddzieli jakąś ciążę od powierzchni ziemi o 3, 9  
albo 1 m. jako strąca, ci śr. ciąż. w tej odległości  
okazywały się znacznie mniejsze niż na powierzchni.  
2) tymczasem ci śr. ciąż. nie dochodziły do 0.

## Żadania i ćwiczenia.

1. Jakiej prędkości nabywa w końcu swemu spadkowi ciało spadające na ziemię w próżni przy prędkości początkowej 0?
2. Jaka jest prędkość ciała 2-kg spadającego?
3. Czy punkt upadku spadającego na ziemię ciała różni się od punktu upadku ciała, upadającego równocześnie z tej samej wysokości?

... ..

300) Wykresy siłokształtu ciała pływaka do góry, nad-  
żony na ten sposób przez prądność, skierowany pionowo do góry.  
Gdyby siła ciążności nie działała, ciło poruszałoby się  
przez bezwładność ze stałą prędkością  $v_0$ , którą mu nadaliśmy,  
w kierunku pionowym do góry, bez końca... Ale siła ciążności  
działa niustannie na ciało, od pierwszej chwili chwili,  
w której zostało rzucone, działa natomiast tak samo, jak  
działając na to ciało, gdyby ono było w spoczynku. Czy ciało  
biegnie do góry czy do dołu, siła ciążności sprawia w niem  
ten sam skutek: wywołuje w niem przyspieszenie ku dołowi, jak  
postawiliśmy w § 30-m. - Jaki ruch będzie się zatem odbywał?  
Ruch złożony /zob. § 18/ z dwu ruchów: a/ z ruchu jednostaj-  
nego do góry, wytworzonego przez pierwotne rzućenie b/ z ru-  
chu przyspieszonego ku dołowi, wywołanego przez siłę ciąż-  
kości. Prędkość ciała, w jego ruchu ku górze będzie się  
stopniowo zmniejszała, aż w końcu dojdzie do zera. Ciało  
zatrzyma się na chwili, w tej chwili zmienia się w ruch



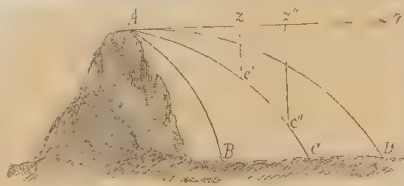
WYDAWNICTWO KSIĄŻEK S. J. K. K.  
Zakładu Narodowego im. Ossolińskich  
we Wrocławiu

swoją drogą, a najwłaściwiej położeniu nad ziemią. W tej chwili możemy uważać za wolny, tak samo, jak każde ciało poruszające się swobodnie.

§ 35. Ruch ciała rzuconego w kierunku poziomym.

Podobnie mają się rzeczy, gdy rzucamy ciało w kierunku poziomym. Ciała odbywa wówczas jednocześnie dwa ruchy, czyli odbywa ruch składowy (z 10), z obu kierunków: 1) ruchu jednostajnego przez bezwładność, który odpowiadałby ruchowi b) z dołu, przyspieszonego przez nieustanną przyciągłość ciążności.

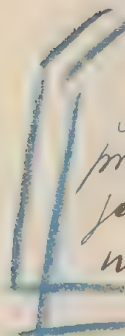
Wskazujemy natomiast, że z wierzchołka wieży 100 pary



Rys. 25

wystrzelono kulę armatnią w kierunku  $AZ$  (rys. 25). Gdyby nie było ciężkości, kula pobięłaby w kierunku  $AZ$  i przez bezwładność mu-

siałaby biec w tym kierunku coraz dalej i dalej. Ale siła ciężkości pociąga kulę ku dołowi od pierwszej chwili. Dlatego zamiast do  $z$  kula dochodzi do  $c'$ , zamiast do  $z''$ , dochodzi do  $c''$  i t. d.; jednym słowem odbywa drogę  $AC$ . Gdyby wystrzelono kulę z większą prędkością (z pomocą silniejszego naboju), zdążyłaby ona pobić dalej w stronę  $AZ$ , zanimby ciężkość zdołała pociągnąć ją tyleż ku dołowi, jak wprzód; zatem w razie większej początkowej prędkości drogą kuli będzie  $AD$ . W razie mniejszej prędkości, przeciwnie, drogą jej będzie  $AB$ .



### Ćwiczenie

Rzucił ktoś piłkę niezbyt mocno; przekonaj się, że droga, jaką ona zawróci, jest podobna do tych, jakie są namyrowane na rybniku.

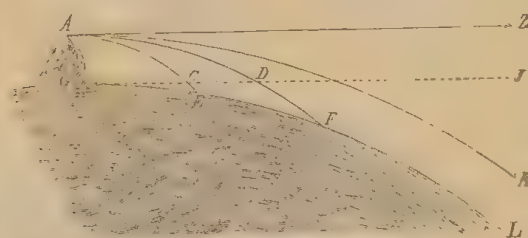
### § 36. Bieg księżyca dookoła ziemi.

Wiemy, że ziemia nie jest płaska, lecz kulista; rozważmy więc jeszcze raz ruch kuli armatniej, pamiętając o tem. Na rys. 32. widzimy część ziemi  $GEFL$ . Gdyby ziemia była płaska, kula, wystrzelona z  $A$ , byłaby spadła, jak powiedzieliśmy, w  $C$ ; istotnie zaś w padnie nie w  $C$ , lecz w  $E$ . Wystrzelona silniej, spadnie nie w  $D$ , lecz w  $F$ . Widzimy, że powierzchnia ziemi  $GL$  obniża się coraz bardziej pod poziom linii  $GJ$  podobnie, jak linie  $AE$  i  $AF$  obniżają się pod poziom  $AZ$ ; tylko

WYDAWA  
Zakładu Na  
we Lwów



linie  $AE$  i  $AF$  obniżają się raptowniej, więc dobiegają do powierzchni ziemi  $GL$ . Możemy *pomyśleć*, że wystrzelono kulę



z wierzchołka  $A$  z taką prędkością, że pobiegnie ona po drodze  $AK$ , t. j. po drodze, która obniża się ~~znajduje~~ tak samo pod poziom  $AZ$ , jak  $GL$  obniża się pod poziom  $GJ$ . Możemy wyobra-

Rys. 26

zić sobie, że wystrzelono kulę z taką prędkością. Środki, dotychczas znane, nie wystarczają na to, ażeby to rzeczywiście wykonać; lecz przypuśćmy, że wynaleziono sposób wyrzucania pocisków potężniejszy, niż armaty; wystrzelono więc kulę z wierzchołka  $A$  z tak znaczną prędkością, iż biegnie ona po drodze  $AK$ . Wówczas kula, chociaż ciągle spada, nie zbliża się do ziemi; o ile bowiem kula zniża się pod działaniem ciężkości, o tyle zniża się powierzchnia samej ziemi wskutek swej kulistości. Co zatem stanie się z kulą? oczywiście okrąży ziemię i powróci do  $A$  ze strony przeciwnej. Gdyby w którymś miejscu tej drogi, *np.* w  $A$ , siła ciężkości nagle przestała działać, kula pobiegnęłaby przez bezwładność po linii takiej, jak  $AZ$  w miejscu  $A$ , czyli po ~~stycznej~~ stycznej; ale to być nie może; siła ciężkości jest czynna ciągle, bez przerwy. Więc działanie ciężkości polega na tem, że zakrzywia ona ustawicznie drogę kuli i tym sposobem nie pozwala jej odbiedz od ziemi; bezwładność zaś kuli krążącej nie pozwala jej uleść ciężkości i upaść na ziemię.

Wiemy, że siła ciężkości działa na najwyższych górach i w ~~największych~~ największych wysokościach, do jakich wzniesiono się balonami, Księżyc znajduje się jeszcze znacznie wyżej nad nami, znacznie dalej od ziemi; ale niewątpliwie i w księżycowej odległości ciężkość jeszcze jest czynna. Rozumiemy teraz, dlaczego księżyc obiega ziemię ~~wokół~~ dokoła, ani nie spadając na nią, ani nie odbiegając od niej. *Księżyc krąży tak, jak kula, która pobiegnęła po drodze  $AK$ .* Ta sama siła przyciągania ziemi, która nadaje ciałom ciężar, która wypreża pion i zmusza upuszczone jabłko do spadania, ta sama siła nie pozwala księżycowi

WYDAWCA: [illegible]  
Zakładu Na [illegible]  
we [illegible]

odbiedz po linii stycznej (jak  $AZ$  w miejscu  $A$  na rys. 32); ta siła ustawicznie zakrzywia drogę księżyca i zmusza go tym sposobem do krążenia dokoła ziemi.

Jak powiedzieliśmy w § 33, im większą masę ma jakie ciało, tem większy ma ciężar. Ponieważ ciężar ciała jest to siła przyciągania, jaką ziemia wywiera na to ciało, więc powiadamy: siła przyciągania ciała przez ziemię jest tem większa, im większa jest masa tego ciała.

### § 34 Ciężenie powszechne.

Jak księżyc dokoła ziemi, podobnie krąży ziemia dokoła słońca. Ziemia nasza utrzymuje się w odległości mniej więcej 149 milionów kilometrów od słońca i obiega w ciągu roku koło, zakreślone tak ogromnym promieniem; zatem odbywa tę drogę z prędkością blisko 30 kilometrów na sekundę. Ziemię, ożywioną tak znaczną prędkością, utrzymuje na wodzy przyciąganie słońca; albowiem przyciąganie działa pomiędzy słońcem a ziemią podobnie, jak pomiędzy ziemią a księżycem. Bryła słoneczna swem przyciąganiem utrzymuje na wodzy nie tylko ziemię, lecz również i niektóre inne ciała niebieskie, które widzimy nocą jako świetlne gwiazdy i które nazywamy *planetami*. Słońce przyciąga ziemię i planety, ustawicznie zakrzywia ich drogi i zmusza je tym sposobem do krążenia dokoła siebie, po drogach mniej więcej kołowych.

Dokoła niektórych planet biegną znowu księżyce, podobnie jak dokoła naszej ziemi; planety przyciągają swe księżyce; podobnie jak ziemia przyciąga swój księżyc, jak słońce przyciąga ziemię i planety. Co więcej: i księżyc przyciąga ziemię, i ziemia przyciąga słońce; i planety przyciągają słońce i są przyciągane przez swoje księżyce. *Przyciąganie pomiędzy ciałami jest zawsze obustronne, wzajemne; dlatego nazywamy je także ciężeniem.* Ziemia przyciąga więc kamień i kamień przyciąga ziemię; przyciąganie z obu stron jest jednakowe; ale ta sama siła nadaje ciału <sup>imprężenie</sup> ~~prędkość~~ tem mniejszą, im masa tego ciała jest większa (§ 32). Owóż masa ziemi jest miliony milionów razy większa, niż masa kamienia; dlatego, gdy oba ciała poczynają nawzajem spadać ku sobie, bieg ziemi ku kamieniowi jest miliony milionów razy powolniejszy, niż bieg kamienia ku ziemi.



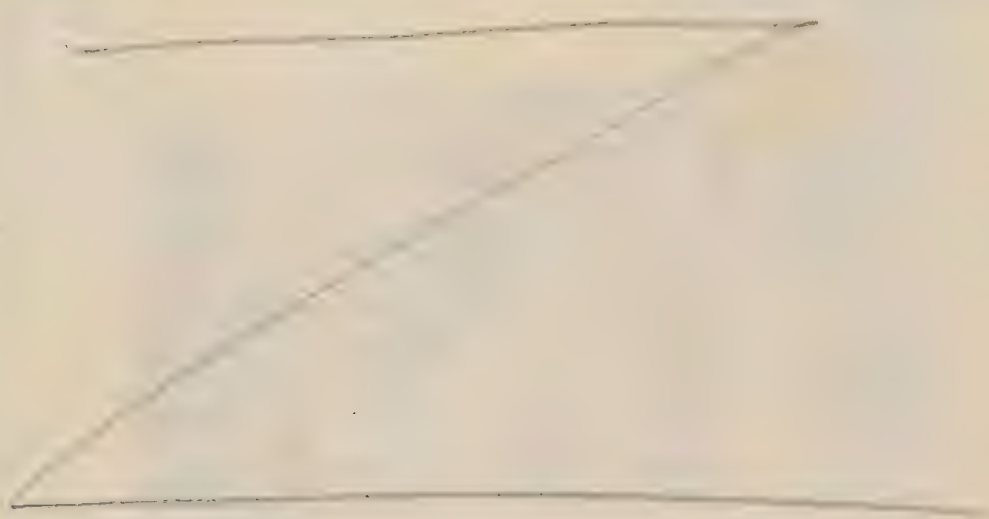
Zakładu Narodowego im. Kopernika  
we Lwowie.

Powiedzieliśmy, że przyciąganie pomiędzy dwoma ciałami jest zawsze obustronne, wzajemne; jest to tylko przykład na ogólną zasadę (§ 12.), że z wszelkiem *działaniem*, z istnieniem wszelkiej wogóle siły połączone jest *przeciwdziałanie*, czyli istnienie siły równie znacznej, ale skierowanej wprost przeciwnie.

Pomiędzy wszystkimi bez wyjątku ciałami na świecie istnieje takie wzajemne ciążenie. Jest ono tem większe, im większe są masy ciał, ciążących ku sobie. Wiemy, że ziemia przyciąga ku sobie kulę pionu; otóż kulę taką przyciąga ku sobie i góra, tylko słabiej niż ziemia, gdyż masa góry jest znacznie mniejsza, niż masa ziemi. To też w pobliżu góry pion nie wisi dokładnie pionowo, lecz odchyła się ku niej nieznacznie. Wyobraźmy sobie dwa kilogramy *A*, *B*, położone niedaleko siebie. Możemy być pewni, że one przyciągają się wzajemnie. Lecz siła ta jest tak nieznaczna, że odczuwać jej bezpośrednio nie możemy. Uczonym udało się wykazać (a nawet i zmierzyć) przyciąganie pomiędzy dwoma kilogramami zapomocą nadzwyczaj czułych przyrządów. Możemy łatwo zrozumieć, czemu to przyciąganie jest bardzo słabe. Weźmy kilogram *A* w rękę; ciężar jego, który czujemy, jest przyciąganiem, czynnem pomiędzy kilogramem *A*, a ziemią. Przyciąganie pomiędzy tym kilogramem *A*, a drugim *B*, jest oczywiście tyle razy mniejsze od ciężaru *A*, ile razy masa kilograma *B* jest mniejsza od masy ziemi, a zatem wiele milionów razy słabsze od ciężaru *A*.

Ciążenie ciał jest zatem *powszechne*; ono rządzi ruchami na niebie i ziemi. Odkrył to uczony, nazwiskiem *Newton* (czyt *Niuton*), który żył w Anglii lat temu dwieście. Tem odkryciem zasłużył na cześć całej ludzkości.

*Przyciąganie*



THE UNIVERSITY OF CHICAGO  
LIBRARY  
1100 EAST 58TH STREET  
CHICAGO, ILL. 60637



~~Ciążenie ciąż jest zatem powszechne; ono rządzi ru-  
chami na niebie i ziemi. Odkrył to uczony, nazwiskiem Newton  
(czyt. Naiton), który żył w Anglii lat temu dwieście. Tem  
odkryciem zasługuje na wdzięczność i część naszej ludzkości.~~

### § 38. Wahadło.

W pionie wiszącym spokojnie /§ 6/ nie wypręża się pio-  
nowo pod działaniem siły ciężkości. Spróbujmy odchylić pion



rys. 27

od pionowego położenia równo-  
wagi OA /rys.27/ na przykład do  
OB. Trzymając kulę pionu  
w położeniu B, czujemy, że  
ona okazuje dążność do po-  
wrócenia do A; jakoż, puściw-  
szy ją swobodnie, widzimy, że  
porusza się istotnie ku A.

Rozumiemy łatwo, dlaczego  
tak się dzieje. Niechaj BP  
wyobraża ciężar kuli wiszą-  
cej w położeniu B; siła ta

/ jak zawsze siła ciężkości / działa na dół pionowo. Roz-  
łożmy tę siłę, według zasady równoległoboku /§ 12/,  
na dwie składowe: BN idącą w przedłużeniu kierunku OB  
oraz BT prostopadłą do tego kierunku. Wiemy, że siły  
BN i BT zastępują siłę właściwie działającą, czyli  
ciężar BP. Owóż z pomiędzy tych sił, pierwsza BN wy-  
pręża tylko nić, ale nie wywiera wpływu na ruch kuli,  
ponieważ ten ruch odbywa się po łuku BA, tak iż składowa  
BN jest prostopadłą do drogi /por. § 12/. Druga składowa  
BT, styczna do drogi, ciągnie kulę od B ku A. - Kula  
biegnie zatem ku A; ale w miarę zbliżania się ku  
miejscu A, składowa BT, wywołująca ruch, staje się

WYDAWNICTWO KSIĄŻEK SPOŁECZNYCH  
Zakład Narodowy im. Ossolińskich  
we Lwowie.



co jest aniejsza, w miejscu zaś A prawie zupełnie. W miejscu A działa tylko pr, która w rżni nie ma nie wywiera wpływu na ruch. Kula przebiega tedy przez A przez prostą bezwładność, z prędkością, której nabiera w drodze B<sub>1</sub>. Prędkość nabyta przez kulę podczas opadania od B do A, wyczerpuje się teraz podczas podnoszenia się od A do C.

Istotnie, rozłożysz ciężar C<sub>1</sub> kulki w miejscu C, w taki sam sposób jak to uczyniliśmy w miejscu B, zob. rys. 27/, spostrzeczamy, że składowa C<sub>1</sub> wypręga tylko nie, składowa zaś C<sub>1</sub> sprzeciwia się ruchowi kulki od A do C. Kula, puszczone w miejscu B zupełnie swobodnie, dobiegnie do miejsca C, znajdując się na tym samym poziomie jak B. Zat znowu się na chwilę w miejscu C /tam bowiem wyczerpie się właśnie prędkość nabyta po drodze B<sub>1</sub>/ kula wraca i opada ku A; ruch po drodze C<sub>1</sub> odbywa się podobnie jak ruch po drodze B<sub>1</sub>, który już objaśniliśmy. Mocą bezwładności kula przebiega przez A, prędkość nabytą na drodze C<sub>1</sub> wyczerpuje na podnoszeniu się od A do B itd. - Tym sposobem ruch kuli powtarzały się bez końca, nie by nie przeszkadzało mu tarcie w miejscu C oraz opór powietrza.

Przyrząd, który opisałem w artykule niniejszym, nazywa się wahadłem; powiadam, że kula wahała odbywa ruch wahadłowy czyli waha się pomiędzy B a C.

Wahadło ma ważne zastosowanie w regulowaniu czyli ujednolicania biegu zegarów.  
Na rys. 28-ym



WYDAWCTWO KSIĄŻEK SZKOLNYCH  
Zakład Narodowy im. Ossolińskich  
we Lwowie.

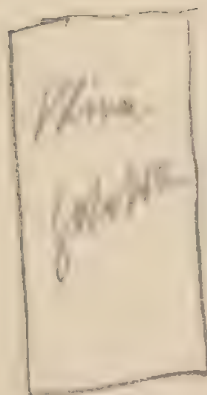


WYDAWN OT. ...  
Zakladu Na ...  
we L ...



### § 39. Wahanie się /drżenie/ sprężyny.

Ważmy krótką sprężynkę, zrobioną przez kręcenie drutu koło rury, umocujemy ją na jednym końcu /rys.29/ a na drugim przytwierdzimy kawałek papieru A dla uwidocznienia ruchu sprężyny. Jeżeli sprężynę ściśniemy, budzi się w niej pewna siła, zwana siłą sprężystości /por. § 3/; pod jej działaniem sprężyna usiłuje wrócić do pierwotnej długości. Jeżeli sprężynę ściśniętą wyzwolimy, sprężyna nie pozostanie ściśnięta, lecz zaczyna się wydłużać; gdy wróci już do pierwotnej długości, wydłuży się jeszcze nieco przez bezwładność. Znak A będzie się poruszał na lewo i na prawo, będzie się wahał, czyli drgał podobnie jak kula wahadła. Wahanie się znaku A będzie więc wynikiem spółdziałania sprężystości sprężyny oraz bezwładności sprężyny i znaku. Poznaliśmy poprzednie ruch wahadłowy, wynikający ze spółdziałania ciężkości i bezwładności; obecnie poznajemy ruch wahadłowy, który wytwarzają: sprężystość i bezwładność.



rys. 29





§ 40 O pracy.

Gdy murarze budują dom, wówczas jedni wnoszą cegły kamienie, wapno i t. d. na wysokość piętra, które jest w robocie; inni za pomocą lin ~~wyciągają~~ <sup>wyciągają</sup> na tę wysokość belki. Taka czynność jest przykładem wykonywania pracy. Do zbudowania domu potrzeba cegieł, kamieni, wapna, piasku, drzewa i t. d. ale nadto potrzeba też pracy, potrzeba znacznej pracy. Jeden, człowiek ~~n.p.~~, bez niczyjej pomocy, musiałby pracować wiele lat, zanimby (cały dom) ~~zbudował~~ <sup>zbudował</sup>. Żeby zbudować dom, potrzeba wykonać pewną pracę; trzeba ~~n.p.~~ wnieść tyle a tyle cegieł na pierwsze piętro, tyle a tyle na drugie i t. d.; w żaden sposób tego dokonać nie można bez pracy. Żeby zbudować dom trzypiętrowy, trzeba znaczniejszej pracy, niż żeby zbudować dwupiętrowy. Widzimy zatem, że praca bywa większa i mniejsza, że pracę można mierzyć. Wnieść ~~n.p.~~ 20 cegieł na pierwsze piętro wymaga pracy dwa razy takiej, jak wnieść ich 10 na to samo piętro. Wnieść 10 cegieł z dołu na pierwsze piętro, lub wnieść je z pierwszego piętra na drugie, wymaga pracy tej samej, jeżeli piętra są jednokowo wysokie. A zatem wniesienie cegieł z dołu na drugie piętro wymaga wówczas dwa razy takiej pracy, jak wniesienie ich na pierwsze. Powiadamy: podniesienie ciężaru o pewną wysokość wymaga pracy tem większej, im znaczniejszy jest ciężar i im większa wysokość, o jaką go podnosimy.

17c

§ 41 Miara pracy

Przypuśćmy, że dwóch robotników (n.p. A i B) wnosi cegły na wysokość piętra; A i B mają każdy n.p. po 100 cegieł do wniesienia. Mają więc jednakową pracę do wykonania; ale A jest w stanie dźwignąć odrazu 20 cegieł, gdy B może tylko 10 dźwignąć odrazu. Wówczas A, żeby swoją pracę wykonać, wejdzie 5 razy na piętro, gdy tymczasem B, ażeby wykonać swoją, będzie musiał wejść 10 razy. Przypuśćmy że piętro ma 4 metry wysokości: w takim razie A, licząc wprost w górę, odbędzie ogółem drogę 20 metrów, B zaś — drogę

H 80  
17 16 / <sup>większych np.</sup> 16 kg.  
F tylko 8 cegieł,  
większych 8 kg.  
1 do 1 y



WYDAWNICTWO KSIĄŻEK SPOŁ. ...  
Zakładu Naroduwego im. Cieszkowskich  
w Lwowie.

40 metrów. A więc podniesienie 16 kg o 20 m do góry wymaga tej samej pracy, jak podniesienie 8 kg o 40 m.

Zupełnie podobnie, podniesienie 32 kg o 10 m, albo 64 kg o 5 m, albo 4 kr o 8 m, albo 1 kr o 16 m wymaga pracy tej samej. Widzi się zatem, że: ciężką pracę, wykonywaną przy przenoszeniu ci żarów jest iloczyn ciężaru przez wysokość, przez którą przenosi się do góry.

Za jednostkę ciężaru wybraliśmy 1 3-m ciężar 1 kilogram; za jednostkę wysokości, czyli odległości, wybraliśmy 1 3-m metr. Jednostką pracy jest zatem praca, którą trzeba wykonać, żeby podnieść 1 kilogram przenosi o 1 metr do góry; tę jednostkę nazywamy kilogramometrem (kg.). Każdą inną pracę mierzymy przez porównanie z kilogramometrem, czyli innymi słowy: wyrażamy ją w kilogramometrach. Istnieje na przykład w przeliczeniu przed chwilą przypadek robotników 1 i 3, że każdy z nich miał do wykonania 120 km; że każdy z prac tam podanych wynosi 120 km.

### § 42 O energii.

Robotnik, który bierze ~~nieco~~ 10 cegieł za każdym razem, gdy wchodzi na piętro, mógłby zapewne udźwignąć 12, gdyby się nieco wysilił, a nawet może 15 i więcej. ~~Wtedy~~ ~~ciężko~~ biorąc po 10 cegieł, pójsć z nimi do góry, n. p. trzydzieści razy z rzędu, teraz, obciążony 15 cegłami odrazu, zmęczy się wcześniej. A zatem człowiek może wyrzucić chwilowo siłę większą lub mniejszą, ale pracę może wykonać tylko ograniczoną. W każdym z nas jest jakby pewien zasób pracy, z którego możemy czerpać, jakby pewien zapas pracy, który możemy wydawać; gdy wszystek wydamy, nie jesteśmy zdolni do dalszego wykonywania pracy, aż nowy zasób w nas się nagromadzi. Taki zasób pracy, gotowej do wydania, nazywamy energiją. Gdy ktoś pracuje, wydaje swoją energiją, wydaje ją na wykonywanie pracy; jeśli nie pracuje, wtedy nie wydaje energiją, ale nie ma też z niej żadnego pożytku. Energia jest jakby bogactwem, którego wydatkiem jest praca.

*F. m. g.*

Energija jest zasobem albo zapasem pracy, więc mierzy się tą samą jednostką jak praca t. j. kilogramometrem.

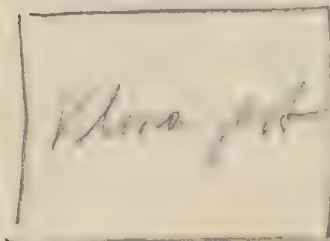
WYDAWNICTWO KSIĄŻKOWE  
Zakładu Narodowego im. Ossolińskich  
we Lwowie.



### § 43. Inne przykłady pracy.

Pracę wykonujemy nie tylko wówczas, gdy podnosimy ciężary przeciwko ciążącej je na dół sile ciężkości. Aby wyciągnąć taśmę kauczukową /umocowaną na drugim końcu/ lub skrócić stalową sprężynę /która usiłuje się rozkręcić/, musimy wydać energję, musimy wykonać pracę. Im większy jest opór sprężysty taśmy lub sprężyny, tem większą siłę mięśnie nasze muszą pracować i tem większą pracę mają wówczas do wykonania. Im większe wydłużenie taśmy lub im większe skrócenie sprężyny tem praca również jest większa.

Albo podnosimy ciężary lub skracamy /albo wyciągamy albo zginaemy/ ciała sprężyste, pracę wykonują siły naszych mięśni. Ale ~~każda~~ każda inna siła może wykonywać pracę. Siła ciężkości, na przykład, może pracować. Przepuścimy, że ciężar większy B /rys. 30/, opadając, podnosi do góry ciężar mniejszy A; wówczas siła ciężkości, działając na B, wykonuje pracę konieczną do podniesienia ciała A. Podobnie siła sprężystości może wyko-



rys. 30

nyać pracę. Gdy np. zgięte drzewko się wyprostowuje lub skrócona sprężyna się rozkręca, może podnieść i jakiś ciężar do góry.

### § 44. Energia s rężyny skróconej, kamienia podniesionego.

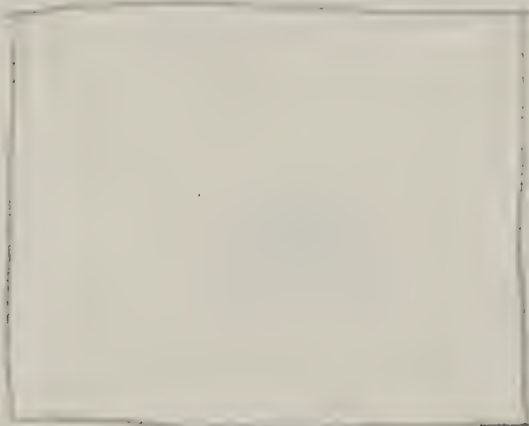
Sprężyna skrócona jest każdej chwili gotowa do wykonania pracy; lecz, żeby ją wykonać, musi się rozkręcać. Gdy całkowicie się rozkręci, nie może już dalej dostarczać pracy. Np. zegarek nakręcony idzie przez pewien przeciąg czasu, później zatrzymuje się: sprężyna, która go poruszała, jest rozkręcona. A zatem skrócona sprężyna posiada jak gdyby pewien zasób pracy, gotowej do wydania; gdy go wyda, przestaje być zdolna do wykonania pracy. Ten zasób pracy nazywamy energją skróconej sprężyny, podobnie jak energją człowieka nazywaliśmy zasób pracy, do której człowiek jest zdolny. Powiadamy, że skrócona sprężyna ma pewną energję; gdy pracuje, wydatkuje z tej energii; gdy ją wyda całą, jest wyczerpana, dalszej pracy dać nie może.

Podobnie kamień lub inny jakikolwiek ciężar jest gotów do wykonania pracy, jeżeli może zejść niżej, niż się w danej chwili znajduje; albowiem, żeby wykonywać pracę, kamień musi się obniżać. Np. jeśli ciężar B (rys. 30) obniży się aż do podłogi, nie będzie mógł dalej dostarczać pracy na podniesienie ciała A. Kamień podniesiony posiada więc pewien zasób pracy, gotowej do wydania, który też nazywamy energją kamienia. Kamień, który już nie może zejść niżej, wydał energję, którą posiadał, podobnie jak wydała ją sprężyna rozkręcona.

RYDZAN  
Zakładu Narodowego  
we Lw

### § 45. Praca wykonywana na równi pochyłej.

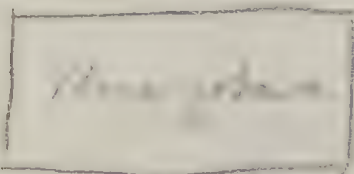
Równia pochyła jest nam znana z § 12-go. Wyobraź sobie, że ciągniesz ciało  $K$  po równi pochyłej /rys. 31/. Z § 12-go wiemy, że możemy to uskutecznić siłą mniejszą niż ciężar  $K$ .



Im bardziej równia  $AB$  pochyla się ku poziomemu położeniu, tem mniejszego wysiłku wymaga ciągnięcie. Lecz im  $AB$  pochyla się bardziej ku poziomemu położeniu, tem dłuższa jest droga, którą odbyć po niej musi ciało  $K$ .

aby podnieść się o daną wysokość, np. o 1 metr do góry. Ponieważ praca zależy zarówno od siły, pracującej i od długości drogi, na której ta siła pracuje, więc łatwo zrozumieć, że praca potrzebna do podniesienia ciała  $K$  wzdłuż równi  $AB$  nie zależy wcale od nachylenia równi.

aby to jeszcze lepiej zrozumieć, przypuśćmy, że  $AC$  na rys. 32-im wyobraża poziom podłogi w pokoju,  $BCDZ$  zaś poziom sufitu. Im znaczniejsze jest pochylenie drogi ku poziomowi



/porówn. np.  $AB$ ,  $AC$  i  $AD$ /, tem mniejsza jest siła potrzebna do wciągania, ale tem dłuższa jest droga, którą ciało

przebyć musi, żeby z podłogi odnieść się do sufitu. Ale we wszystkich drogach pionowe /ostateczne/ podniesienie się jest to samo, mianowicie  $CZ$  /rys. 32/. Wówczas praca potrzebna do podniesienia ciała zależy tylko /§ 41/ od tego ostatecznego, pionowego podniesienia; zatem jest jednakowa na wszystkich tych drogach  $AB$ ,  $AC$ ,  $AD$ . Praca wykonywana na równi pochyłej nie zależy więc od nachylenia tej równi.



WYDAWN  
Zakładu Narodowego  
we Lwowie

## Zadania.

- 1<sup>o</sup> Trzymamy w ręku ciało nieruchomo; czy wykonujemy wówczas pracę?
- 2<sup>o</sup> Człowiek jest zdolny do wywarcia siły, równej ci ciężarowi 20 kg, na drodze 1 m. Wetrza, ile pracy może wówczas wykonać?
- 3<sup>o</sup> Siła równa ci ciężarowi 20 gramów działa na kierunku druci, którego długość jest 15 cm. Ile pracy wykonana?
- 4<sup>o</sup> Na równi pochyłej, pochyłonej do poziomu pod kątem 30 stopni, znajduje się ciało ważące 2 kg. Jeżeli przesuniemy to ciało o 5 metrów wzdłuż równi, ile wykonaliśmy pracy? (por. zadanie 3 z § 12-ym).
- 5<sup>o</sup> Człowiek, który waży 60 kg wchodzi na schody, żeby tego dokonać, musi się podnieść o 3 m. Ile pracy wykonuje, podnosząc się o 3 m?

## § 12. Jak można stworzyć pracę z niczego.

Widzieliśmy w § 12-ym oraz w § 11-ym, że przy pomocy równi pochyłej możemy podnosić ciała cięższe niż jesteśmy /nawet znacznie cięższe/, niż ci ciężar tego ciała. Równia pochyła pozwala nam zatem wyzyskać siłę stosunkowo małą, z której nie mielibyśmy, bez tego przyrządu, żadnego efektu. Stosunkowo mała siła możemy wykonać na równi pochyłej pracę, do której, bezpośrednio podnosząc, mielibyśmy użyc siły wielkiej. Ale równia pochyła nie daje nam żadnej oszczędności w pracy, którą musimy wykonać, jeżeli chcemy podnieść dane ciało o daną wysokość, przekonaliśmy się o tym w artykule poprzedzającym.

Możemy podnosić ciała do góry rozmaitymi sposobami. Najprostszym podnosząc je bezpośrednio w rękę, albo ciągnąc za pomocą sznurka i wleczka (§ 43), możemy podnieść ciało za pośrednictwem mechanicznej siły sprężyny albo prowadzić je do góry po równi pochyłej, możemy podnieść je różnymi innymi przy-

WYDAWNICTWO KSIĄŻEK SEKULARNYCH  
Zakładu Narodowego im. Ossolińskich  
we Lwowie.

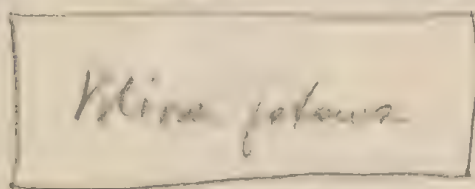


rzadami, o których będziemy jeszcze później mówili. Jednakże, jakimkolwiek sposobem będziemy podnosili, samo podniesienie pewnego ciała o pewną wysokość będzie wymagało zawsze tej samej pracy.

Sam przez się żaden przyrząd nie wykonywa pracy; musimy mu dostarczyć pracę, która ma być wykonana. Na przykład, na równi pochyłej, ręka ludzka albo wyciągnięta sprężyna albo inny ciężar, opuszczając się, dostarcza pracy, potrzebnej do podniesienia dużego ciężaru. - Widzieliśmy, że równia pochyła nie da nam, w żadnym razie, więcej pracy aniżeli jej dostarczamy. To samo można powiedzieć o każdym przyrządzie, o każdym mechanicznym urządzeniu. Żaden przyrząd nie da więcej pracy, aniżeli mu jej dostarczamy. Żaden przyrząd nie stworzy nawet najmniejszej ilości pracy z niczego. Widzieliśmy to przed chwilą na przykładzie równi pochyłej; zrozumiemy jeszcze lepiej tę prawdę na innych przykładach.

### § 47. Dźwignia.

Wieżmy drążek drewniany lub metalowy AB; na końcach zawieśmy dwa jednakowe ciężarki a, b; w środku drążka O umieścimy oś i tą osią położymy go na podstawie /rys. 33/. Drążek jest w równowadze, nie przechyla się ani w jedną ani w drugą stronę. - Nazywamy taki przyrząd dźwignią; części jego od osi O do miejsca



A lub B zawieszenia ciężaru nazywamy ramionami. Dźwignia przedstawiona na rys. 33-im jest zatem równoramienna. Powiadamy:

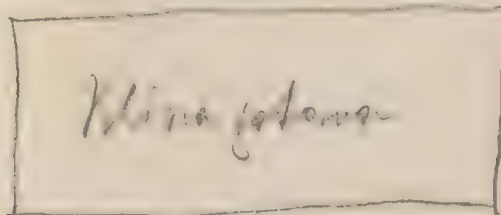
Dźwignia równoramienna jest w równowadze, jeżeli ciężary jednakowe działają na ramiona jednakowe czyli równe.

Zawieśmy teraz na dźwigni, wyobrażonej na rys. 33-im, ciężary niejednakowe, w miejscu A zawieśmy np. 3 kilogramy, w miejscu B 1 kilogram. Równowagi nie będzie, drążek przechyli się

WYDAWALNIA KSIĄZEK SZKOLNYCH  
Zakładu Narodowego im. Ossolińskich  
we Lwowie.



natychmiast w stronę większego ciężaru. Spróbujmy zmienić dłu-



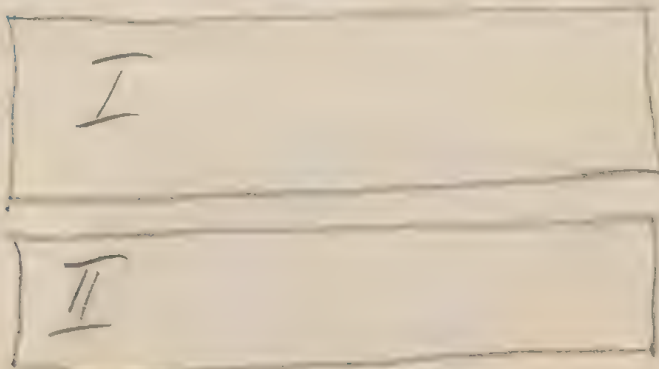
rys. 34.

gość ramion, t.j. umieścić oś  $O$  inaczej niż przedtem z codziennego doświadczenia, że trzeba umieścić

oś  $O$  bliżej większego ciężaru, ażeby osiągnąć równowagę /rys. 34/. Przekonywamy się ~~która~~ łatwo /przy pomocy podziałki,

umieszczonej na dźwigni/, że, w razie równowagi, ramię  $OA$  musi być 3 razy krótsze niż  $OB$ , jeżeli na  $A$  działa ciężar 3 razy większy niż na  $B$ . Warunek równowagi dźwigni nierównoramiennej możemy więc wypowiedzieć w sposób następujący: dla równowagi potrzeba, ażeby ramiona były w stosunku odwrotnym do sił, na nie działających; ile razy siła jest większa, tyle razy ramię musi być krótsze. Albo jeszcze inaczej: iloczyn siły przez ramię musi być jednakowy z obu stron osi.

Nie trudno zrozumieć, dlaczego warunek równowagi dźwigni musi być taki, jak przed chwilą powiedzieliśmy. Przypuśćmy, że na punkt  $A$  dźwigni  $AB$  działa siła 2 kg, na  $B$  siła 1 kg,  $OA$  ma być przeto równe połowie  $OB$  /rys. 35, I/. Wyobraźmy sobie na chwilę, że dźwignia jest dłuższa, że sięga do  $C$  /rys. 35, I/ i że  $OC = OA$ . Zamiast siły 2 kg,



rys. 35.

działającej na  $A$ , możemy wyobrazić sobie dwie siły po 1 kg każda, przyłożone do  $O$  i do  $C$  /rys. 35, II/; te dwie siły są równoważne poprzedniej sile 2 kg, przyłożonej do  $A$ . Ponieważ siła, przyłożona do  $O$ , działa na odstawkę i równoważy się z jej oporem, więc pozostają tylko dwie siły równe, po 1 kg każda, przyłożone w  $C$  i w  $B$ , zatem działające na ramiona równe:  $OC = OB$ . Dźwignia II będzie w równowadze;

działającej na  $A$ , możemy wyobrazić sobie dwie siły po 1 kg każda, przyłożone do  $O$  i do  $C$  /rys. 35, II/; te dwie siły są równo-



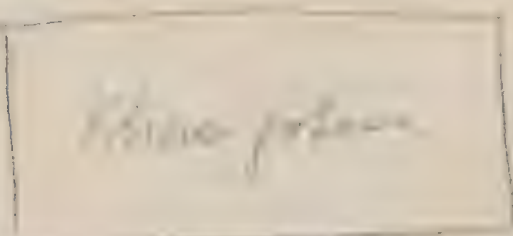
Zaklad Narodowy  
we Lwowie

zatem takie i dźwignie I.

Mnóstwo przedmiotów codziennego użytku, mnóstwo narzędzi i przyrządów, używanych w rękodzielnictwie, przemyśle i rolnictwie, stanowi przykłady lub zastosowania dźwigni. Drąg ~~...~~, służący do podważania ciężarów, jest dźwignią; ramię [56.141] czyli rękojeść studni, różne rodzaje nożyc, obcęgi, zwykła nawet łopata stanowią przykłady dźwigni. Belka każdej wagi jest dźwignią, jak również znany powszechnie przyrząd, zwany ~~...~~ *przezmianem*. Zwykle wiejskie studnie (t. zw. żorawie) są zastosowaniem dźwigni; zastawy czyli bariery rogatek bywają często dźwigniami.

### § 48. Przykład dźwigni.

Rysunek 48 wyobraża dźwignię innego rodzaju; oś jej opiera się nie w środku, lecz z jednej strony /np. z lewej strony/ punktów a, b przyłożenia ciężarów.



Ale i w tej dźwigni mamy dwa ramiona a, b. Jeżeli ramię a /jak na rysunku/ jest krótsze ramienia

b, potrzeba większe do równowagi, niż ciężar a by a raz większy niż ciężar b. Wyobraźmy sobie o tem w sposób, widoczny z rysunku. W takim i w tym razie, podobnie jak w poprzednim: ile razy większy jest ciężar, tyle razy krótsze musi być ramię, na które się opiera. Innymi słowy, tutaj znów: dla równowagi ramiona muszą być w stosunku odwrotnym do sił; albo jeszcze: iloczyn siły i ramię musi być dla obu ramion jednaki.

Przykłady dźwigni jednostronnej znajdujemy w wielu znanych przyrządach, jak np.: taczki, krajalnice (papieru, chleba i t. p.), maszyny służące do wycinania lub wybijania otworów, narzędzia do ugniatania i wyciskania (korków, orzechów, cytryn i t. p.). Każdy ~~...~~ jest również zastosowaniem zasady dźwigni jednostronnej.

### § 49. Waga.

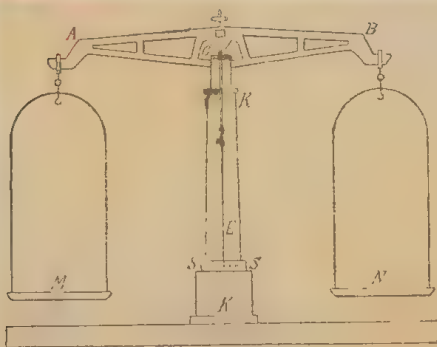
Do najważniejszych zart ~~...~~ dźwigni należy waga. Jest to przyrząd, który służy do porównywania ciężaru różnych ciał czyli, jak zwykle mówią, do ważenia ciał. Ciężar

1810



z § 7-go, że można ważyć ciała na ~~ważce~~ sprężynie lub wadze sprężynowej. Ale ważenie na wadze jest bezporównanie dokładniejsze.

Opiera się ona z belki czyli dźwigni AB /rys. 37/, w której



Rys. 37

pośrodku mieści się na dół zwrócony trójkątny słupek czyli pryzmat *C*; tym pryzmatem belka spoczywa na podstawce *K* tak, iż ostrze pryzmatu stanowi oś, około której belka się waha. Belka dźwiga z dwóch stron szalki *M*, *N*; w pośrodku opatrzona jest we wskazówkę *E*; kołysanie się belki poznajemy po ruchu tej wskazówki przed podziałką *SS*.

Waga taka działa zupełnie jak dźwignia równoramienna, którą poznaliśmy w § 17. Dopóki szalki są puste, belka znajduje się w równowadze, gdyż szalki są jednakowo ciężkie. Skoro poruszmy łagodnie jedną szalkę, belka zaczyna się kołysać, ale nie przewraca się. Kiedy na jednej szalce, n. p. na prawej, leży ciało cięższe, niż na drugiej, szalka prawa przeważa, wskazówka idzie na lewo. Ujmując albo dokładając ciężaru, doprowadzamy do tego, że wskazówka stoi nieruchomo w pośrodku skali lub też wychyliła się w obie strony jednakowo daleko. Na szalkach leżą wówczas ciała, których ciężary są równe. Chcąc zatem zważyć

jakieś ciało, kładziemy je na jednej szalce wagi, na drugą zaś szalkę kładziemy gramy, czy dekagramy, czy kilogramy, do óty, aż wskazówka wskaże, że nastąpiła równowaga.

### § 5. Ciężar właściwy. Gęstość.

Zróbmy sześciany, mające każdy po centymetrze sześciennym objętości. Zróbmy jeden sześcian z ołowiu, drugi z żelaza, trzeci ze szkła, czwarty z lodu, piąty z drzewa (n. p. jodłowego), szósty z korka. Czujemy ~~wprost~~ w rękę, że sześcian ołowiany jest najcięższy, a korkowy najlżejszy. Ale zapomocą wagi możemy poznać dokładniej, że:

sześcian	waży około	sześcian	waży około
ołowiany	11 gramów	— z lodu	$\frac{9}{10}$ grama
żelazny	$7\frac{1}{2}$ "	— z drzewa	$\frac{1}{2}$ "
szklany	$2\frac{1}{2}$ "	— z korka	$\frac{1}{4}$ "

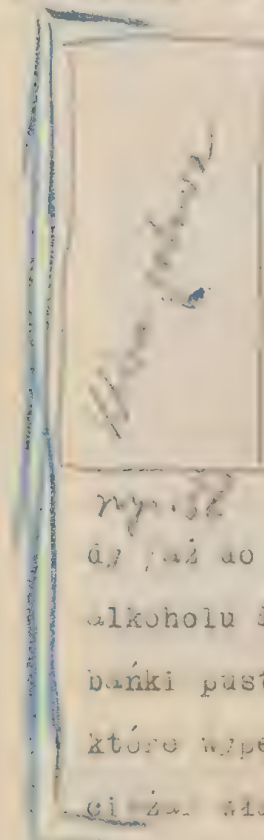
Gdyby można było zrobić z wody taką samą bryłkę, równą centymetrowi sześciennemu, ważyłaby ona jeden gram. Wi-

dziamy więc, że pewna objętość ołowiu lub żelaza waży wiecej niż ta sama objętość wody, że pewna objętość drzewa lub korka waży mniej niż ta sama objętość wody. Idzie się z tego powodu,

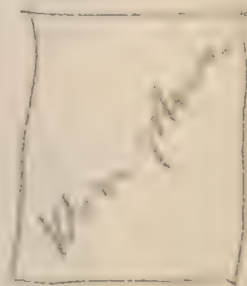
DAWNOSTWO KSIĄZEK ST.  
Zakładu Narodowego im. Ossolińskich  
w Lwowie.

że ciężar właściwy ołowiu lub żelaza jest większy, a drzewa lub korka mniejszy niż ciężar właściwy wody. Za miarę ciężaru właściwego danego ciała przyjmujemy ciężar jednego centymetra sześciennego tego ciała. Wtedy woda ma ciężar właściwy 1, ołów ma c.w. 11, żelazo  $7 \frac{1}{2}$ , szkło  $2 \frac{1}{2}$ , lód  $\frac{9}{10}$ , drzewo  $\frac{1}{2}$ , korek  $\frac{1}{4}$ .

Rtęć jest cieczą, podobnie jak woda, ale jej ciężar właściwy jest bardzo znaczny. Zrównoważmy na szalkach wagę dwa szklane kubki t.zw. dzielone, na których naciera skala oznacza zawartość pewnej kreski objętości (rys. 38). Jeżeli do jednego kubka wlejemy np. 10 cm<sup>3</sup> rtęci, trzeba będzie wlać do drugiego 100 cm<sup>3</sup> wody, żeby przywrócić równowagę. Wtedy ciężar właściwy rtęci wynosi około 10.



ciężar właściwy alkoholu /wysokość/ wynosi 0.8; ciężar właściwy oliwy wynosi 0.9. Ciężar właściwy cieczy mierzymy najłatwiej za pomocą banki szklanej, którą ważymy najpierw pustą (rys. 39), później pełną wo-



dy, aż do kreski w podzielenym kreczku, wreszcie pełną alkoholem albo oliwą. Odejmując za każdym razem ciężar banki pustej, znajdujemy ciężary wody, alkoholu, oliwy, które wypełniły tę samą objętość; stąd obliczamy od razu ciężar właściwy alkoholu lub oliwy.

Widać z tego, że liczby wyrażające ciężary ciał, wyrażają również ich masę. Jeżeli zatem centymetr sześcienny ołowiu, żelaza, szkła ma ciężar 11,  $7 \frac{1}{2}$ ,  $2 \frac{1}{2}$  grama, to także



WYDAWNIWY KSIĄZEK SIA  
Zakładu Narodoowego im. Cieszkowski  
w Lwowie.

masa jednego centymetra ołowiu, żelaza, szkła wynosi 11, 7 1/2, 2 1/2 grama - masę jednego centymetra sześciennego ciała nazwaną jego gęstością.

znając gęstość jakiegoś ciała, możemy znaleźć jego całkowitą masę, mnożąc gęstość przez objętość ciała. Znajdujemy również ciężar tego ciała, mnożąc jego ciężar właściwy przez objętość.

### § 51. Dźwignia nie daje oszczędności w pracy.

Widzieliśmy w § 46-tym, że również pochyłka nie daje oszczędności w pracy, którą musimy wykonać, gdy chcemy podnieść pewne ciało o pewną wysokość. To samo stosuje się do dźwigni. Na dźwigni, jak wiemy, można zrównoważyć duży ciężar

małym ciężarem. Niechaj będzie  $ACB$  (rys. 440) dźwignia,  $C$  osią obrotu i niechaj  $BC = 3 AC$ . W takim razie ciężar, wiszący w  $A$ , można zrównoważyć w  $B$  ciężarem trzy razy mniejszym; dodając jeszcze w  $B$  choćby najmniejszy ciężarek, można  $A$  przeważyć, t. j. podnieść ciężar  $A$  do góry. Małą więc siłą można zapomocą dźwigni pokonać znaczną siłę. Ale, jeśli ciężar  $A$  jest trzy razy większy od  $B$ , musimy go zawiesić trzy razy bliżej osi obrotu  $C$ . Zatem poruszenie się dźwigni podniosłoby  $A$  o wysokość trzy razy mniejszą, niż wysokość, o którą obniżyłoby  $B$ . Tak np. podniesienie się  $A'$   $A''$  jest trzecią częścią obniżenia się  $B''$   $B'$ . ~~Otoż~~ praca, zużywana w podnoszeniu (lub dostarczana nam w obniżaniu się ciężaru) zależy nie tylko od wielkości ciężaru, ale i od wysokości przebytej; widzimy więc, że dźwignia na podnoszenie  $A$  wydaje tyle pracy, ile jej dostarcza obniżanie się  $B$ . Dźwignia nie daje ~~uży~~ żadnej oszczędności w pracy.



Rys. 440

### oszczędności w pracy

Lecz, w takim razie, w jakim celu posługujemy się dźwignią? Jaki pożytek osiągamy przez nią? Żeby na to odpowiedzieć, przypomnijmy sobie / § 41/, że praca zależy zarazem i od siły pracującej i od długości drogi, na której ta siła pracuje. Ta sama praca może więc być wykonana raz przez małą, drugi raz przez dużą siłę. Różnica uniósł się

Wydawnictwo Narodowe im.

Wydawnictwo



bez trudności 10 kg na wysokość 12 metrów; ale nie zdoła podnieść od razu 120 kg o wysokość jednego metra. Oweż przypuśćmy, że musiał unieść 120 kg od razu o wysokość 1 m; wtedy np. poruszyć w ten sposób ciężką skrzynię i przenieść ją w inne miejsce. Czy podnosimy 10 kg o wysokość 12 m, czy 120 kg o wysokość 1 m, ilość pracy potrzebnej jest w obu razach ta sama, ale rodzaj pracy jest odmienny. Robotnik ma w postawieniu pracy takiego rodzaju:

mała siła, duża droga ...../1/

a tymczasem nam potrzebna jest praca innego rodzaju:

duża siła, krótka droga ...../2/

Otoż dźwignia może zamienić nieprzebiegającą pracę /1/ pracę, którą rozporządzamy, na przebiegającą /2/, której potrzebujemy.

Taki jest dźwiatek dźwigni, taki jest dźwiatek wszelkich przyrządów albo urządzeń mechanicznych czyli maszyn. Maszyny nie wytwarzają ~~nowej~~ dodatkowej pracy, której dostarczają; nie powiększają one wcale ilości pracy, jaką rozporządzamy; posługując się maszyną, nie możemy nie zyskać na pracy. Maszyny zamieniają niedogodne, niepożądane rodzaje pracy na bardziej dogodnie i pożyteczne.

#### Zadania.

1. Robotnik podwziął ciężar 50 kilogramów na wysokość 2 metrów, odcierając go w odległości 20 cm od ciężaru. Jaką siłę musi wywierać?
2. Na taczce leży ciężar 100 kg, którego środek ciężkości znajduje się w odległości 40 cm od osi obrotu kół taczki. Ich promień całkowity wynosi półtora metra. Jaką siłę należy wywierać, by kółka taczki?
3. Jakiego rodzaju dźwignia jest dźwiatek do orzechów?

Web





WYDAWNICTWO KSIĄŻEK SZKOLNYCH  
Zakład Narodowy im. Ossolińskich  
w Lwowie.



WYDAWNICTWO KSIĄŻEK  
Zakładu Narodowego im. Ossolińskich  
we Lwowie.



Parcie i enżania raer; alitogo roznia: oetia, ietia-  
 nia, oloz i inne. Wzrzecia: idaj; naa troca: kniej i et,  
 ali je: dostarczani. Wnie: strata: pzoa, wzrzecia: jedra  
 kowiska, jest nieuchronna, ponowaj: nie: roznia: o z  
 Parcia.

St. r ea rie tinc, le mae ri e ue tinc.

ginie. Praca wydana na skrócenie sprężyny, na podniesie  
nie kamienia, na rzucenie kuli, nie ginie, nie jest  
stracona, albowiem sprężyna skrócona ma energję,  
kamień podniesiony ma energję, kula biegnąca ma ener-  
gję, t.j. może zwrócić nam pracę wydaną.

Gdy przesuwamy skrzynię po stole czy po podłodze  
wówczas na przezwyciężenie tarcia musimy wydać pewną  
ilość pracy; czyż skrzynia przesunięta ma energję? czy  
może nam zwrócić pracę wydaną? Co wogóle dzieje się

z pracy, którą pochłania jakiegobądź tarcie i ciepło. Nie można przypuścić, żeby ta praca obracała się w niczecz i bezpowrotnie ginie. Praca nie ginie; więc praca, którą wydajemy na przezwyciężenie jakiegobądź tarcia, musi się w coś przeobrażać, czyli na coś zamieniać. Istotnie zamienia się ona na ciepło. Przypomnijmy sobie, że każda oś w pociągu, w wagonie kolejowym, czy jakiegokolwiek maszynie grzeje się przez tarcie o panewkę; a żeby tego uniknąć, staramy się o zmniejszenie tarcia, smarując trasę się powierzchnie. Przyciskamy kawałek żelaza do obwodu koła, które obraca się prędko, a rozgrzejemy że-  
lazo tak znacznie, że niepodobna będzie utrzymać go w dłoni. Działy nie innym sposobem, jak tarcie rozniecają ogień, a i my posługujemy się tym sposobem, ażeby zapalić zapalnik.

Widzimy zatem, że przez tarcie praca zmienia się na ciepło. Gdy kowal uderza ciężkim młotem sztabę żelazną, praca jego mięśni zmienia się z początku na energję ruchu, następnie ta energja podczas uderzenia zmienia się na ciepło. Widzimy w nocy, że iskry wyskakuja na oruku koniom zpod podków; to dowodzi, że uderzenie żelaza o kamień jest zdolne nie tylko odkupać drobny

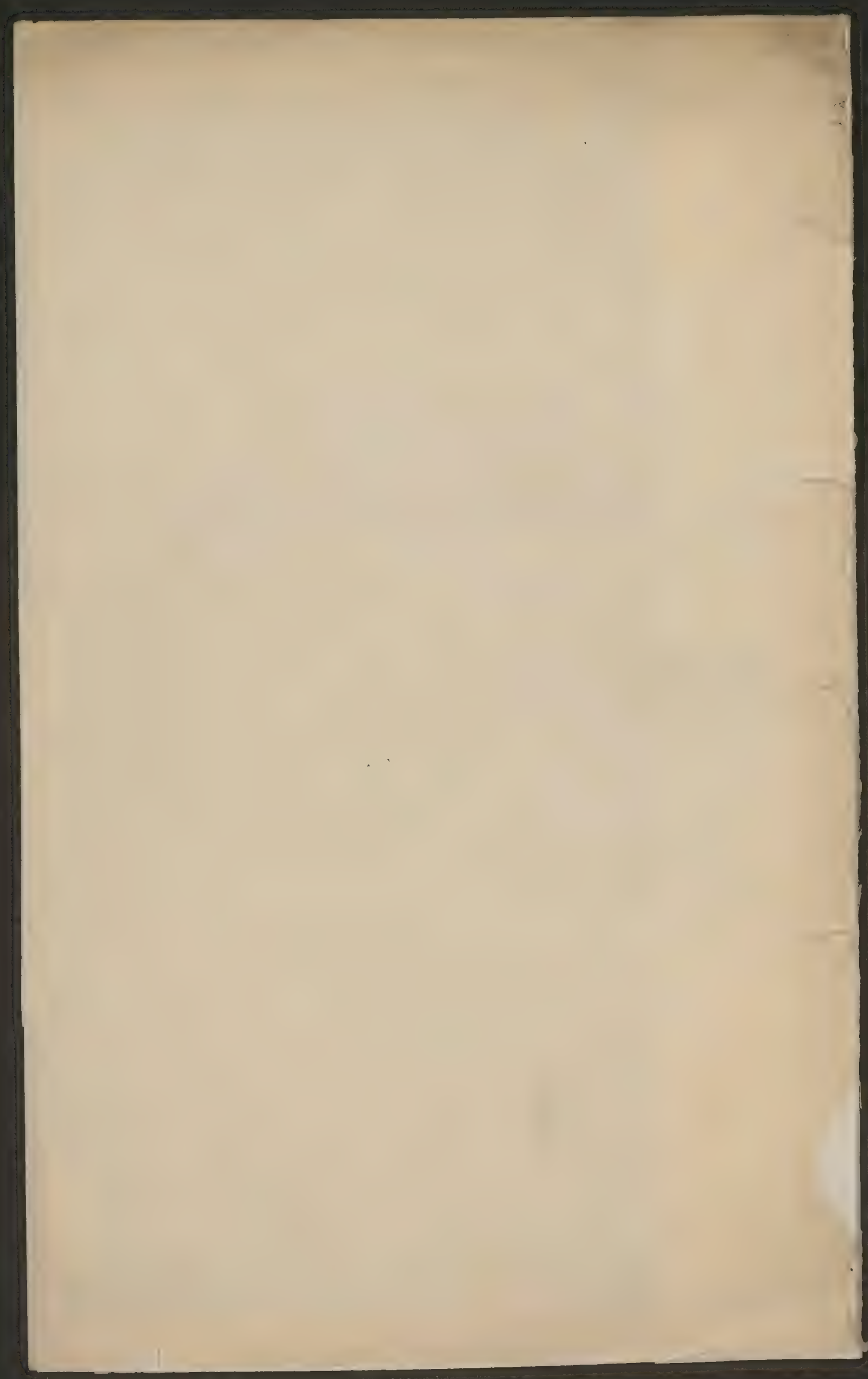
[illegible]

1111

www.oxfordjournals.org  
We have the pleasure to inform you that your article has been accepted for publication in the *Journal of the American Medical Association*.







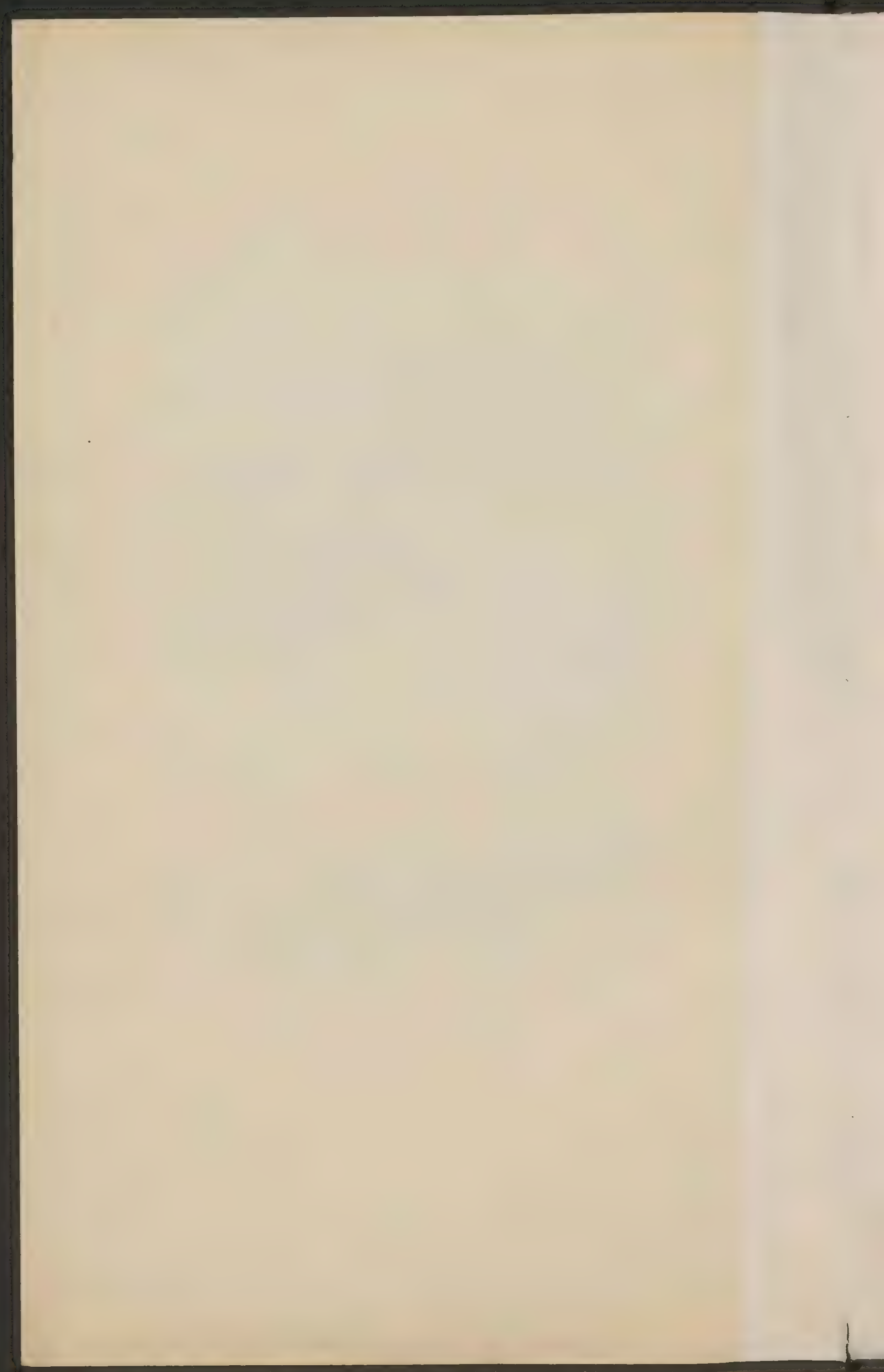
ZARZĄD  
WYDAWNICTWA KSIĄŻEK SZKOLNYCH  
W ZAKŁADZIE NAROD. IM. OSSOLIŃSKICH  
WE LWOWIE

*Lwów.*

60

191

*Rozdział II*





68

61

R O Z D E I A L D E U G I

O O L I M P I A D E S , O L I M P I A D E S . I G R A T I O N .

WYDAWNICTWO KSIĄŻEK SZKOLNYCH  
Zakładu Narodowego im. Ossolińskich  
we Lwowie.

## ROZDZIAŁ DRUGI.

### O ciałach stałych, ciekłych i gazowych.

#### § 45. Objętość a postać.

Każde ciało ma pewną *postać*. Cegła n. p. ma postać prostopadłościanu, świeca i ołówek — postać walca, lejek ma postać stożka. *Postać* jest to własność zupełnie inna, niż *objętość* (§ 1.). Dwa sześciiany ~~lub~~ lub dwa stożki na rys. 42 są ciałami jednakowej postaci, lecz niejednakowej objętości. Przeciwnie, dwa walce na rys. 43 mają jednakową objętość, postać zaś niejednakową. ~~Ważne~~ Dwa ciała różnej i niepodobnej postaci mogą:



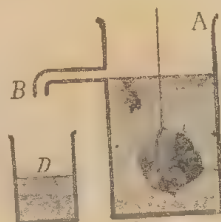
Rys. 42

mieć objętość *jednakową*. Weźmy na-  
czynię A, opatrzone



Rys. 43

w wypływ boczny B, rys. 44; napełnijmy je wodą, a kiedy wypływ przez B ustanie, wprowadźmy łagodnie do wody ciało C i zbierzmy w D wodę, którą C wyparło. Ciało C ma tyle centymetrów sześciennych objętości, ile gramów waży woda zebrana (§ 50). Jakakolwiek jest postać ciała C, objętość jego będzie taka sama, jak objętość wody w D. Jeśli kamień, ręka, roślina wypierają jednakową, ilość wody, mają objętość jednakową, różną objętości wody wypartej.



Rys. 44

#### § 46. Ciała stałe i ciekłe.

Kawałek drzewa leży na stole; ma on pewną postać, n. p. jest długim i cienkim prostopadłościanem. Jeśli go położymy na boku, postawimy pionowo lub wstawimy do szklanki *nie zmieni postaci*, pozostanie takim prostopadłościanem, jak przedtem. Podobnie zachowuje się kawałek żelaza, kawałek

17 43 - cm

/ samy



CTWO A  
LUBRICATION  
W

szkła, kawałek kauczuku. Każdy ma własną postać i zachowuje ją, w zwykłych warunkach, bez zmiany ~~widocznej~~. Nazywamy dlatego kawałek drzewa ciałem stałym; kawałek żelaza, szkła, kauczuku jest podobnie ciałem stałym. Zupełnie inaczej zachowuje się woda. Woda nie ma wcale własnej postaci; nie można powiedzieć: „kawałek wody”. Nalana do szklanki woda przybiera postać jej wnętrza; przelana do ka-

rafki, przybiera postać wnętrza karafki (rys. 45). Woda zmienia postać z wszelką łatwością.

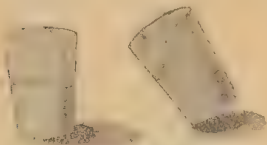


Rys. 45

Przypatrzmy się postaci wody w jakimkolwiek naczyniu. Wszędzie, gdzie styka się ze ścianą naczynia, woda przylega do ściany i przyjmuje jej postać; lecz od góry, na powierzchni swobodnej, gdzie styka się z powietrzem, woda układa się płasko i poziomo. Jeśli przechylimy naczynie, woda zmieni postać, ale w taki sposób (rys. 46), że powierzchnia jej pozostanie płaska i pozioma. Woda jest przykładem ciała

ciekłego czyli cieczy.

Prócz wody jest jeszcze wiele innych cieczy. Cieczą jest na przykład miód; i miód także wypełnia całkowicie dolną część szklanki, a na powierzchni układa się płasko i poziomo. Zatem,



Rys. 46

dopóki jest w spoczynku, miód zachowuje się podobnie jak woda; gdy jest w ruchu, zachowuje się pod pewnym względem inaczej. Przechylając szklankę z miodem, widzimy, że zmienia on postać powolniej niż woda, bardziej opieszale, jak gdyby przewyciężał jaką przeszkodę. Można dojrzeć przytem przez bardzo krótką chwilę powierzchnię cieczy w położeniu pochylem, czego w wodzie dostrzedz niepodobna. Podobnie jak miód zachowuje się olej, syrop, gliceryna, smoła. Przybierają one ostatecznie kształt naczynia i rozlewają się poziomo i płasko; dlatego nazywamy je cieczami. Ale czynią to opieszale, zużywają na to stosunkowo wiele czasu; dlatego nazywamy je cieczami lepkimi. Inaczej mówimy, że są to ciecze mało ruchliwe, gdy przeciwnie woda, alkohol, eter są to ciecze bardzo ruchliwe.

*Woda jest cieczą.  
Woda zmienia postać z wszelką  
łatwością.*

*H. Krecz*

*F. J. J. J. J.*

Wydawnictwo  
Zakładu Nauki  
W



Podzielenia postać z właściwą i zmianą słabego opór  
działania, zawierającego kłopoty i powoli do takiej  
zmiany. Jeżeli jednak ustrój jest bardzo różnorodny wpyły  
ruch w kierunku zmian, oznacza to, że jest to  
właściwego oporu /1 21/, takim samym, którego  
jest to iż jest to, którego słabość iż jest to  
w kierunku /1 22/. Właściwa słabość iż jest to  
ze sobą słabość iż jest to, którego słabość  
właściwa słabość. Jeżeli ustrój jest to, którego  
słabość.



WYDAWNICTWO KSIĄŻKOWE  
Zakładu Narodowego im. Ossolińskich  
Wrocław

## § 27. Ściśliwość cieczy.

Woda zmienia zatem postać z wszelką łatwością; tymczasem objętość zmienia, przeciwnie, z największą trudnością. Gdy wkładamy palec do wody, ustępuje ona łatwo, lecz podnosi się zaraz dokoła tak, iż zachowuje bez zmiany swoją objętość. Spróbujmy przeszkodzić wodzie w ~~jej~~ dążności do zachowywania objętości bez zmiany. Weźmy (rys. 38.) walec z tłokiem, szczelnie przystającym, i próbujmy ~~tłok~~ wcisnąć ~~do wody~~. Nie zdołamy popchnąć tłoka ani o milimetr ku dołowi, jeśli woda nie przecisnie się pomiędzy tłokiem a ścianą naczynia. ~~To bowiem~~ Usiłujemy zmienić już nie postać, lecz objętość wody, mianowicie usiłujemy objętość tę zmniejszyć czyli wodę ścisnąć; to zaś wymagałoby siły, której człowiek wyrzucić ~~bezpośrednio~~ nie może.



Rys. 38.

Woda jest więc bardzo trudno ściśliwa czyli bardzo mało ściśliwa. Uczni przekonali się dokładnie, o ile woda jest ściśliwa. Przypuśćmy, że walec (rys. 38.) ma  $10 \text{ cm}^2$  w przekroju i zawiera wody  $10 \text{ cm}$  wysoko; należałoby wówczas położyć na tłok  $2000 \text{ kg}$ , ażeby posunąć go o  $1 \text{ mm}$  ku dołowi. Oczywiście, że ~~z~~ powodu tarcia pomiędzy tłokiem a ściankami walca i (z innych powodów) doświadczenie to nie może być wykonane w tak prosty sposób; przytoczyliśmy je tylko dla unaocznienia małej ściśliwości wody.

## § 28. Sprężystość ciał stałych.

Pręt drewniany posiada własną postać, ale pod działaniem siły może ją zmienić. Jednym końcem umocowany w śrubosztaku czyli imadle (rys. 39.) a obciążony na drugim, pręt wygina się pod działaniem siły ciężkości. Ponieważ jednak w pewnym położeniu  $AB$  pręt jest w równowadze, t. j. nie wygina się dalej, musiała więc zjawić się w nim siła, która równoważy ciężkość ciała  $P$ , siła sprężystości pręta, znana nam już z §§ 11. i 26. W pręcie niewygiętym  $AC$  nie spostrzegaliśmy tej siły; pojawia



Rys. 39.

/dawną

H bezpośrednie na-  
ciśnienie tłoku  
H tłok ku dołowi.

/tu

13

= { dać  
- - antykwę

§ 55.)

H 3-go



1412

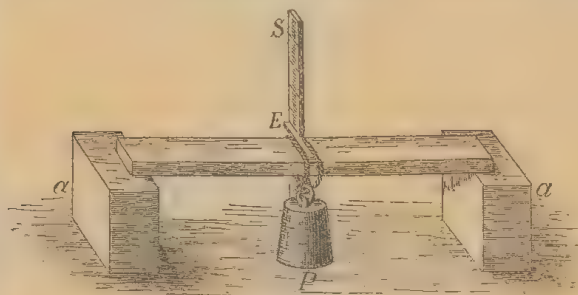
się ona dopiero w pręcie zginanym i staje się coraz większa, im bardziej ją zginamy. Jeśli uwolnimy pręt od działania obcej siły, siła sprężystości przywraca go do zwykłej postaci (jeśli wygięcie nie było zbyt znaczne); ~~ale też w miarę~~ powracania do tej postaci ~~sama~~ coraz bardziej słabnie i niknie.

Doświadczamy podobnie sprężystości pręta stalowego albo pałeczki szlanej; wyginanie na końcu albo zginanie w pośrodku, okazują one także sprężystość. Taśma kauczukowa wyciągana, piłka, ściskana w dłoni, sprężyna stalowa skręcana również okazują sprężystość. ~~Co~~ wogóle czynimy, gdy ciała wyginamy, zginamy, wyciągamy, ściskamy, skręcamy? Zmieniamy wogóle postać tych ciał. Zatem powiadamy: sprężystość ciał stałych występuje na jaw wówczas, gdy zmieniamy postać tych ciał, choćbyśmy nie zmieniali przytem ich objętości. Ciała stałe mają sprężystość postaci.

*gdy  
H skoro jednak post  
H siła sprężystości*

#### § 40. Różne ciała są rozmaicie sprężyste.

Weźmy cztery sztabki czyli pręciki prostopadłościennego kształtu dokładnie jednakowego; niechaj pierwszy będzie ~~n. p.~~ stalowy, drugi ~~+~~ mosiężny, trzeci ~~+~~ szklany, czwarty ~~+~~ drewniany. W pośrodku każdego pręcika przytwierdzamy wska-



Rys. 40.

zówkę *E* (rys. 40.), do której zbliżamy skalę *S*; kładziemy pręciki końcami na podstawkach *a* i obciążamy w pośrodku ciężarami *P*. Zobaczymy, że pręciki sprzeciwiają się wyginaniu bardzo rozmaicie. Przypuśćmy, że pręcik drewniany wygiął się n. p. o 4 przedziałki na skali pod działaniem ciężaru 1 *kg*; ażeby o tyleż wygiąć pozostałe pręciki, musimy zawiesić przeszło 5 *kg* na szklanym, przeszło 8 *kg* na mosiężnym i prawie 18 *kg* na stalowym. A zatem siła sprężystości, która objawia się w pręcikach wobec jednakowego wygięcia

zówkę *E* (rys. 40.), do której zbliżamy skalę *S*; kładziemy pręciki końcami na podstawkach *a* i obciążamy w pośrodku ciężarami *P*. Zobaczymy, że pręciki sprzeciwiają

*= { dać antykręć  
-- }*

*jest bardzo rozmaite. Powiadamy stąd:  
Stal jest bardzo sprężysta.*

WYDAWNICTWO KSIĄŻEK STYCZNI  
Zakładu Narodowego im. Kopernika  
we Lwowie.



stano jest znacznie mniejsze, rozciągnęła się stali, rozciągnęła się stali, rozciągnęła się stali, rozciągnęła się stali, rozciągnęła się stali.

Jeżeli obciążymy pręcik stalowy w sposób, opisany w artykule poprzednim, a następnie ciężar odejmiemy, pręcik odgnie się t. j. powróci do swej pierwotnej postaci i nie będzie widocznego śladu, że był wygięty. Pręcik ołowiany zachowuje się inaczej. Jeśli go mocno wygnie, nie okazuje dążności do przybrania pierwotnej postaci, zachowuje swą nową/wygiętą postać trwale, t. j. nawet po uwolnieniu od działania siły gnącej. Ale różnica pomiędzy zachowaniem się stali a ołowiu zależy od natężenia siły gnącej. Przypuśćmy, że wygięliśmy pręcik ołowiany bardzo słabo zapomocą bardzo ~~nieznacznego~~ ciężaru; wówczas powraca on, po uwolnieniu, do pierwotnej postaci, objawia zatem sprężystość tak samo, jak stalowy. Z drugiej strony przypuśćmy, że wygięliśmy pręcik stalowy, działaniem nadzwyczajnie znacznego, olbrzymiego ciężaru; wówczas i stalowy wygiąłby się trwale, utraciłby sprężystość, podobnie jak przedtem ołowiany. Mówimy więc, że każde ciało jest sprężyste tylko do pewnej granicy; ta granica jest daleka dla stali, a niedaleka dla ołowiu. Każde ciało, często albo długotrwale gięte, wyginane, wyciągane, skręcane, powoli traci sprężystość, czego przykłady spotykamy w życiu codziennem.

§ 69. Sprężystość ciał ciekłych.

Przypuśćmy teraz, że położyliśmy 2000 kg na tłok przyrządu z rys. 39. § 45; wskutek tego tłok obniżył się o 1 mm, woda ścisnęła się więc o jedną setną część ~~swojej~~ objętości pierwotnej. Dalej tłok nie poruszy się ani o najmniejszą część milimetra; woda stawia teraz opór, który równoważy ciężar 2000 kg. Powiadamy zatem; że w wodzie ściskanej pojawiła się siła, która sprzeciwia się dalszemu ściskaniu; pod działaniem tej siły z jednej strony, a ciężaru z drugiej, tłok znajduje się w równowadze. Gdybyśmy nagle zdjęli ciężar, tłok poszedłby do góry, odepchnięty przez wodę, która wróciłaby do dawnej objętości. A zatem mieliśmy tutaj w wodzie siłę, podobną do sprężystości w drzewie, w szkle, kauczuku lub stali. Lecz, gdy w ciałach stałych objawia się ona przy zmianach postaci, w wodzie obja-

wyginającej  
nie powraca  
do pierwotnej postaci  
wyginającej  
drobnie tylko

nie wraca

Antyphry

Antyphry

Antyphry

THE  
LIBRARY OF THE  
MUSEUM OF NATURAL HISTORY  
AND  
ZOOLOGY  
OF THE  
CITY OF LONDON  
1881

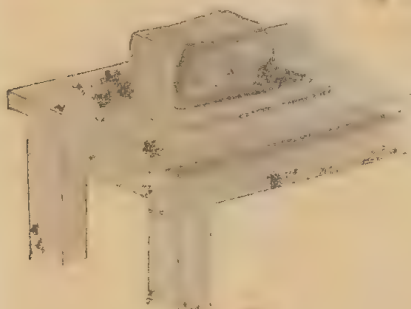
wia się przy zmianach objętości. Możemy więc powiedzieć: *woda ma sprężystość objętości*.

Podobnie jak woda, zachowują się inne ciecze. Sprężystość objętości jest ogólną cechą ciał ciekłych. Jak wiemy, ciała ciekłe nie stawiają trwałego oporu zmianie postaci: prędzej czy później każda ciecz (§ 58) poddaje się działaniu siły, dążącej do zmiany jej postaci. A zatem *ciecze mają sprężystość objętości, lecz nie mają trwałej sprężystości postaci*.

### § 62 Ciśnienie.

*ciężkości*

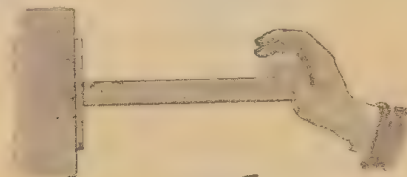
Deseczka, leżąca na stole i dźwigająca ~~ciężar~~ na sobie (n. p. kamień, jak na rys. 41), jest *przyciśnięta* do stołu, wy-



Rys. 41

wiera *ciśnienie* na powierzchnię stołu. *Ciśnieniem* nazywamy więc siłę, działającą na *powierzchnię ciała*. W przy-

kładzie powyższym ciśnienie sprawia siła ciężkości; takie ciśnienie działa z góry na dół pionowo, ponieważ siła ciężkości działa w tym kierunku. Lecz inne siły mogą również sprawiać ciśnienie, n. p. siła naszych mięśni, siła sprężystości; te siły mogą sprawiać ciśnienie i w innych kierunkach. Przyciskając ~~deseczkę~~ deseczkę do ściany ręką, czy bezpośrednio, czy za pośrednictwem n. p. pręta (rys. 42), wywieramy na ścianę ciśnienie w kierunku poziomym.



Rys. 42

### § 63 Ciśnienie całkowite i ciśnienie jednostkowe

! Połóżmy ten sam kamień (rys. 40), raz na deseczkę, mającą 100  $\text{cm}^2$  pola, drugi raz na deseczkę, mającą 200  $\text{cm}^2$  pola. Ta sama siła rozpościera się w pierwszym razie na 100, w drugim razie na 200  $\text{cm}^2$ . Zatem na 1  $\text{cm}^2$  wypadnie w pierwszym razie dwa razy więcej siły, niż w drugim. Widzimy zatem, że trzeba odróżnić siłę całkowitą, czyli *ciśnienie całkowite* na pewną powierzchnię, od *ciśnienia na jednostkę pola*, czyli od ciśnienia *jednostkowego*. Ciśnienie całkowite jest na

*współnie  
wzrostu?*



W. H. L. 1877

obu deseczkach jednakowe, mianowicie równe ciężarowi kamienia. Ciśnienie jednostkowe jest dwa razy większe na mniejszej deseczce, niż na większej. Ten sam ciężar na deseczkach, mających  $50\text{ cm}^2$  lub  $25\text{ cm}^2$  pola, dałby ciśnienie jednostkowe cztery lub ośm razy większe, *aniżeli na deseczce o polu  $200\text{ cm}^2$*

~~Każda~~ Bardzo cienka tafelka kraje swym brzegiem czyli wchodzi stosunkowo łatwo w ciała zbite. Możemy to wytłómaczyć według poprzedzających objaśnień. Brzeg tafelki jest to powierzchnia o bardzo małym polu, więc siła naszych mięśni wytwarza na nim łatwo znaczne ciśnienie. ~~Podobnie możemy wytłómaczyć, przynajmniej po części, działanie noża i nożyczek, działanie piły, dłuta, igły, gwoźdźcia.~~

#### § 64 Ciśnienie cieczy.

Można wywrzeć ciśnienie za pośrednictwem pręta; podobnie można je wywrzeć za pośrednictwem wody. Weźmy rurkę  $AB$  (rys. 52), pełną wody i zamkniętą tłokami, które przystają szczelnie do rurki, lecz mogą się w niej łatwo poruszać. Opieramy tłok  $A$  o deseczkę z rys. 51. i wywieramy siłę na drugi tłok  $B$ ; wówczas przyciskamy deseczkę do ściany za pośrednictwem wody. *Zatem woda może przenosić ciśnienie.* Tutaj ciśnienie wody nie ma nic wspólnego z jej ciężarem; ciśnienie działa poziomo, jeśli rurka leży poziomo, gdy tymczasem siła ciężkości działa na dół pionowo. Jakim sposobem woda przenosi ciśnienie? Zważmy, iż unieruchomiliśmy tłok  $A$ , oparłszy go przez deseczkę o ścianę; ~~zatem~~, usiłując ~~wepchnąć~~ tłok  $B$ , ~~przekładamy~~ *tem samym* ścisnąć wodę, zmniejszyć jej objętość, jak w § 55. *Nic dziwnego, że woda opiera się temu; woda ma sprężystość objętości (§ 49.).* Sprężystość wody opiera się naszemu działaniu na  $B$ , a zarazem za pośrednictwem  $A$  sprawia ciśnienie na deseczkę i ścianę.



Rys. 52

#### § 65. Ciecze roznoszą ciśnienie.

Weźmy teraz drugą rurkę, jaką rys. 53 przedstawia w położeniu *poziomem*, tak właśnie, jak gdyby rurka leżała na papierze. Opatrzona jest ona w boczne kolanko, a w niem w tłok trzeci  $C$ , co do rozległości równy dwom pierwszym.

WYDAWNICTWO KSIĄŻEK S. KUCHNIA  
Zakładu Narodowego im. Ossolińskich  
we Lwowie.



Umocnijmy tłok  $A$ , tłokowi  $C$  pozwólmy poruszać się swobodnie i wciskajmy  $B$ ; cóż się stanie? Woda będzie ustępowała



Rys. 53

przed  $B$  i będzie pchała przed sobą tłok  $C$ ; albowiem w ten sposób będzie ona zmieniała ~~po-~~stać ~~tylko~~, a nie objętość, ~~z~~ temu woda nie sprzeciwia się (§ 46). Przeciwnie, gdybyśmy umocowali  $C$ , woda cisnęłaby ~~na~~ tak samo, jak ciśnię na  $A$ .

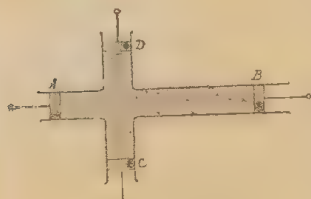
tylko

/ sama siła  
H na sam tłok

Zatem i w bok woda przenosi ciśnienie. Na ściany rurki woda oczywiście ciśnię tak samo jak na tłoki, mianowicie rozpycha rurkę o tyle, o ile na to pozwala sprężystość szkła czy innego materiału, z którego rurka jest zrobiona. Powiadamy więc, że woda nie tylko przenosi, ale i roznoś ciśnienie na wszystkie strony. To samo czynią wszystkie ciecze.

#### § 66. Ciecz może wykonywać pracę.

Weźmy jeszcze jedną rurkę, opatrzoną w dwa poziome kolana i w cztery tłoki  $A, B, C, D$  jednakowo rozległe; rys. 45



Rys. 45

przedstawia ~~ja~~, widzianą z góry. Co powiedzieliśmy o tłoku  $C$ , stosuje się także do czwartego tłoka  $D$ . ~~A zatem~~, gdy wywieramy ciśnienie na  $B$  (rys. 45), także ciśnienie wywierane jest na  $A$ , na  $C$  i na  $D$ . Z jednego ciśnienia powstają więc tutaj trzy ciśnienia. Tego możemy dokonać za-

17 rurkę

/ samo

/ ciśnien

H w stronę

H w stronę

pomocą wody i tłoków, podobnie jak zapomocą dźwigni możemy podnieść do góry trzy kilogramy siłą jednego kilograma (§ 49). Ale czego nie możemy dokonać zapomocą dźwigni, to stworzyć choćby najmniejszą ilość pracy z niczego (§ 29.) i tego zapomocą wody i tłoków także dokonać nie możemy. Istotnie: od czego zależy praca, jaką wykonywamy, pchając tłok lub jaką tłok wykonywa, pchając coś przed sobą? Jak wszelka ~~względ~~ praca, zależy ona zarazem od siły, która pcha (t. j. od całkowitego ciśnienia na tłok) i od długości drogi, którą tłok przebywa. Weźmy trzy rurki: rurkę z dwoma tłokami  $AB$  (rys. 42), z trzema  $ABC$  (rys. 43) oraz z czterema  $ABCD$

WYDAWNICTWA I KSIĄŻKI SZKOLNYCH  
Zakładu Narodowego im. Ossolińskich  
w Lwowie

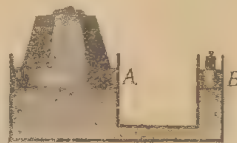
(rys. 44) przypuścimy, że w każdej rurce wepchnęliśmy tłok  $B$  o  $1\text{ cm}$ , dając mu swobodę ruchu wszystkim pozostałym. W rurce  $AB$  (rys. 45) sam tylko tłok  $A$  będzie ciskał i wysunie się na zewnątrz o centymetr; w rurce  $ABC$  (rys. 46) każdy z dwóch tłoków  $A, C$  będzie ciskał i każdy wysunie się o pół centymetra, w rurce  $ABCD$  (rys. 47) każdy z trzech tłoków  $A, C, D$  będzie wywierał ciśnienie, lecz każdy wysunie się tylko o trzecią część centymetra. Zatem, im więcej tłoków, tem więcej ciśnień, ale tem krótsze drogi, które tłoki przebywają; pomnażając liczbę tłoków, nie zyskujemy więc bynajmniej na pracy: rozdrabniamy ją tylko.

### § 67 Zasada pracy hydraulicznej

W rurce  $ABC$  (rys. 46) tłoki  $A$  i  $C$  doznają każdy takiego ciśnienia, jakie wywieramy na  $B$ . Tak jest bez względu na to, czy  $A$  i  $C$  znajdują się daleko od siebie czy też blisko siebie. Zatem tak będzie i wtedy, kiedy je połączymy ze sobą i utworzymy z nich jeden tłok, dwa razy większy. Powiadamy więc: na tłok, dwa razy większy niż  $B$ , działa ciśnienie całkowite, dwa razy większe, niż na  $B$ . Podobnie na tłok o polu trzy razy większym działa ciśnienie całkowite, trzy razy większe. Innymi słowy: ciśnienie na jednostkę pola jest wszędzie w cieczy jednakowe.

Na tej zasadzie budowane bywają pras hydrauliczne, których zadaniem jest zamiana niezbyt znacznych całkowitych ciśnień, jakie (może wyrzeźić człowiek) na ciśnienie całkowite bardzo znaczne. Wyobraźmy sobie dwa walce, połączone ze sobą, i w nich dwa tłoki, jak na rys. 48. Przypuścimy, że tłok  $A$  ma pole 25 razy większe, niż tłok  $B$ ; w takim razie, położywszy na tłoku  $B$   $25\text{ kg}$ , dość będzie położyć na  $B$   $1\text{ kg}$ , ażeby osiągnąć równowagę. Tu zatem ciężarem, mało większym nad  $1\text{ kg}$ , możemy podnieść do góry  $25\text{ kg}$ , podobnie jak na dźwigni (§ 49); ale i tu nie zyskamy na pracy, gdyż trzeba będzie wcisnąć tłok  $B$  na dół o  $25\text{ cm}$ , ażeby podnieść  $A$  do góry o  $1\text{ cm}$ .

Widzimy zatem, że prasa hydrauliczna ma ten sam cel jak inne maszyny, opisane w rozdziale pierwszym, mianowicie zamianę pracy, którą rozporządzamy, na innego rodzaju pracę,



Rys. 46.

/ Same te tłoki

/ w naszej rurce

L średnie  
ciśnieniea wartość promienny tłoku  
nie powinien się zmieniać.  
H. Jaki



Wydawnictwo  
Zakładu Nauki i Literatury  
1964

## Zadania.

1. Ciśnienie całkowite 5 kg działa na powierzchnię  $1/2 \text{ m}^2$ .  
Ile wynosi ciśnienie jednostkowe?
2. Ile pracy wykonamy, działając ~~na~~ ciśnieniem jednostkowym 2 kg na powierzchnię  $30 \text{ cm}^2$ , wzdłuż drogi 10 cm?
3. W prasie hydraulicznej działamy siłą 2 kg na mniejszy tłok "powierzchni  $1 \text{ cm}^2$ ". Ile ~~na~~ wynosić powierzchnia drugiego tłoka, ażeby ciśnienie całkowite na niego wywarte wynosiło 30 kg?

## § 68. Ciśnienie w cieczy, wynikające z jej ciężaru.

Gdybyśmy ustawili stos cegieł, leżących jedna na drugiej, wówczas każda cegła dźwigałaby na sobie wszystkie, nad nią leżące, zatem byłaby przyciśnięta ciężarem tem większym, im położona jest niżej, im dalej od wierzchu. W naczyniu z wodą dzieje się podobnie. Każda warstwa wody dźwiga na sobie warstwy, nad nią leżące, jest więc przyciśnięta ciężarem tem większym, im niżej jest położona w cieczy, im dalej od powierzchni. Ciśnienie tego ciężaru, jak wszelkiego ciężaru, jest z góry na dół pionowe; ale warstwa, która doznaje tego ciśnienia, nie tylko przenosi je ~~na dół~~, lecz i roznosi na wszystkie strony, rozprawdza i wywiera je we wszystkich kierunkach, albowiem cieczy czynią tak zawsze (§ 52.). Powia-

[w naczyniu]

[kierowane  
H dalej ku dołowi]

damy zatem, co następuje. W każdej cieczy panuje ciśnienie, chociażbyśmy jej wcale nie uciskali z zewnątrz; to ciśnienie wynika z ciężaru cieczy; dlatego też, im głębiej w cieczy, tem ono jest większe. Jakkolwiek wynika z ciężaru cieczy, owo ciśnienie działa nietylko z góry na dół pionowo, lecz także z dołu do góry, jak również w prawo, w lewo, naprzód i wstecz i wogóle we wszystkich kierunkach. Jeżeli byśmy działali na ciecz jeszcze jakimś innem czyli obcem ciśnieniem, ciśnienie to zostanie także rozprawdzone we wszystkich kierunkach i doda się do tego, które wynika z ciężaru.

Заклада



80

§ 69. Jak wzrasta ciśnienie w głębi cieczy, gdy oddalamy się od powierzchni.

Łatwiej łatwiej zrozumieć, w jaki sposób objawia się w cieczach ciśnienie, wyobraźmy sobie naczynek pełen wody w szczególnym kształcie w równowadze; rys. 69 przedstawia go tak, jak gdyby było przecięte płaszczyzną pionową. Wyobraźmy sobie naczynie kwadratowe a, o rozmiarach  $1\text{ cm}^2$ , leżące poziomo; przypuśćmy, że ten kwadracik jest zamurzony o  $4\text{ cm}$  pod powierzchnią powierzchni wody. Że do tej powierzchni stałoby na nim ciężar wody, pełnej wody, z którego każdy bok ma  $1\text{ cm}$  objętości  $1\text{ cm}^3$  i ciężar  $1\text{ gram}$ . Wyobraźmy sobie ciążącą warstwą wody w miejscu tego kwadracika a; na tej warstwie działają od góry ku dołowi ciśnienie równe ciążarowi  $4\text{ gramów}$ . Ta warstwa o rozmiarach  $1\text{ cm}^2$  działałaby ciśnieniem, równe ciążarowi  $4\text{ gramów}$  itd. A zatem jednostkowe ciśnienie  $/1\text{ gram}/$  w miejscu a, działające na dół, ku dołowi, jest  $4\text{ gram}$  na  $1\text{ cm}^2$ .

Wyobraźmy sobie teraz także same kwadraciki b, c ..... o  $1\text{ cm}^2$  rozmiarów leżące w ten sposób jak a poziomo. Woda w miejscach b, c ..... ulega znanej jednostkowemu ciśnieniu  $4\text{ gram}$  na  $1\text{ cm}^2$ , skierowanemu na dół. To ciśnienie przenosi się niżej, do wody położonej pod b, pod c itd., i jest przenoszone i rozprzeczane we wszystkich kierunkach. Na naszym warstwie wody w miejscu a działa zatem od dołu ku górze równoległe jednostkowe ciśnienie  $4\text{ gram}$  na  $1\text{ cm}^2$ , ono równoważy się z przeciwnie, równie wielkim jednostkowym ciśnieniem, skierowanym ku dołowi. Warstwą wody w miejscu a jest więc  $1-2\text{ w równowadze}$ .

Łatwiej zrozumieć o sobie, znajdując się

W. H. ...  
Santiago N.  
...

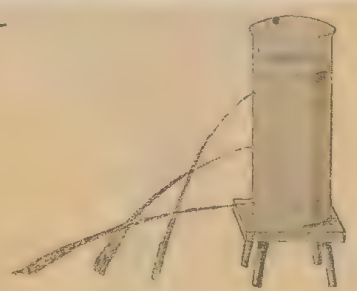
w którekolwiek innym miejscu nacisnąć. Waleczka warstewka  
 leżąca poziomo o 8 cm od najbardziej powierzchni, posiada jed-  
 nostkowy ciśnienie 8 g na 1 cm<sup>2</sup> w jednej swojej stronie  
 i równocześnie jednostkowego ciśnienia 8 gramów z drugiej  
 swojej strony. To samo możemy postąpić, jeżeli ona waleczka  
 warstewka, może być pionowa albo ukośnie położona; jednostko-  
 we ciśnienia, działające na nią z jej dwóch stron, są prze-  
 ciwnie skierowane i równo sobie, jeżeli ciecz jest w równow-  
 dze. Jednostkowe ciśnienia zależą tylko od ciężkości war-  
 stwy tej cieczy /warstwy/ powierzchni cieczy.

§ 7. powiększając rozumowanie wyżej, że, wapienne nacisnąć  
 białe rękę ciężej wody, ciśnienie w głębi wody większe.  
 Ciężkość ci cieczy /wody/ rękę wynosi 10.0 /10.0/, prze-  
 te w poziomie jednak 1 cm pod powierzchnią ci 10.0 /10.0/  
 jednostkowe ciśnienia 10.0 gramów na 1 cm<sup>2</sup>, w poziomie  
 2 cm pod powierzchnią ci 20.0 /20.0/ jednostkowe ciśnienie  
 20.0 gramów na 1 cm<sup>2</sup> itd.

§ 70. Ciężkość doświadczenia.

W niektórych poprzednich doświadczeniach prawa ciśnienia  
 w cieczach były rozumowane. Teraz jest teraz doświad-  
 czalnie. Zatem to urządzenie, na którym doświadczenia, którego

urządzenie jest widoczne z rys. 50.  
 To doświadczenie uczy po pierw-  
 sze, że woda ciśnienie nie tylko na  
 dół, ale także i w bok; powtóre,  
 że ciśnienie tem znacznie, im dalej,  
 od powierzchni. Istotnie, strumień  
 z dolnego otworu dobiega dalej,  
 niż strumień z górnego; stąd wno-  
 simy, że wypchnęła go siła znacz-  
 niejsza, podobnie jak w § 30. kula  
 wystrzelona dobiega tem dalej (zob. rys. 31.), im większa



Rys. 50

ciężka i większa jest od wody.

§ 71. Ciężkość /rys. 51/.



W której do wody, postrze-  
 51, że ciążą na powierzchni nitki.  
 Wstawiając rurkę przez z góry  
 do wody; możemy przez wypchnięcie



201801

nitka z ręki, bo o to nitka nie spada. Nitka jest widocznie przez skanalę różne dół i nieciśnienia panującego w cieczy, które jest w kierunku od dołu ku górze.

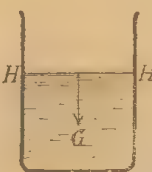
### § 71. O powierzchni cieczy.

Jak wiemy, woda w szklance ma powierzchnię poziomą, kiedy jest w spoczynku. Istotnie, wyobraźmy sobie wodę w położeniu takim, jakie przedstawia rys. 53. I. Łatwo zrozumieć, że woda nie może *trwać* w takim położeniu. Wyobraźmy sobie ~~stojący~~ stojący pionowo w wodzie kwadracik  $a$ ; na rys. 53. I; widzimy go z boku. Woda po prawej stronie kwadracika  $a$  znajduje się *dalej* od powierzchni, niż woda po lewej, zatem z prawej strony  $a$  woda ~~ciężniej~~ *ciężniej*, niż z lewej (por. §§ 68. i 69), nie może więc zostać w tem położeniu, zupełnie podobnie jak wahadło na rys. 27. § 38, nie może ~~zostać~~ *zostać* w położeniu  $OC$ . Woda popłynie ze strony prawej na lewą, jak wahadło poruży się od  $C$  do  $A$ . Gdyby ciężkość kulki wahadła w położeniu  $OC$  działała w kierunku  $CN$  (rys. 27.), mielibyśmy równowagę w tem położeniu. Podobnie, gdyby ciężkość działała w kierunku  $CN$  (rys. 53. II.), mielibyśmy równowagę wody w położeniu  $AB$ . Ale tak nie jest; ciężkość działa *zawsze* na dół pionowo. Widzimy więc, że woda może być w równowadze jedynie w położeniu  $HH$  (rys. 53. III.), w którym jej swobodna powierzchnia ułożyła się *prostopadle* do kierunku  $G$  działania siły ciężkości.

I

II

III



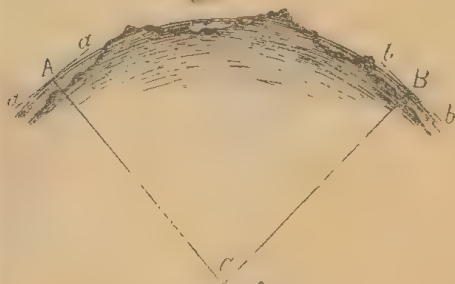
Rys. 53

/ swobodna

H znajduje się pod ciśnieniem większym niż z lewej strony

### § 72. O powierzchni mórz i oceanów.

W szklance powierzchnia wody jest płaska i pozioma; lecz powierzchnia mórz i oceanów na ziemi jaki ma kształt? Wiemy, że ziemia ma kształt kuli i że wody mórz i oceanów pokrywają znaczną część jej powierzchni (jak to wyobraża rys. 60, na którym głębokość mórz i oceanów, oraz wyniosłość lądów jest oczywiście znacznie przesadzona w stosunku do rozmiarów rysunku). A zatem powierzchnia wód w morzach i oceanach jest *wypukła*, mianowicie kulista. Łatwo to zrozumieć na mocy *poprzedzającego*. Wiemy, że siła ciężkości



Rys. 60

w każdym miejscu powierzchni ziemi ma kierunek promienia ziemskiego w tem miejscu; w miejscu  $A$  ~~działa~~ (rys. 60) działa wzdłuż  $AC$ , w miejscu  $B$  wzdłuż  $BC$ . Poziomem wody ~~w miejscu A~~ w miejscu  $A$  musi być, według *poprzedzającego*, kierunek  $aa$ , prostopadły do  $AC$ , w miejscu  $B$  kierunek  $bb$ , prostopadły do  $BC$  i t. d. Owóż obwód koła,  $AB$  n. p., ~~nie jest niczem innem, jak~~ zbiorowiskiem podobnych niezmiernie krótkich linii, jak  $aa$ ,  $bb$  i t. d., prostopadłych do promieni  $CA$ ,  $CB$  i t. d. Powierzchnia mórz i oceanów jest więc wypukła i kulista dlatego, że układa się wszędzie prostopadle do kierunku działania ciężkości.

/ kulisty

/ kulisty

H właśnie

WYDAWNICTWO KSIĄŻEK SIKOLNICH  
Zakładu Narodowego im. Ossolińskich  
we Lwowie.

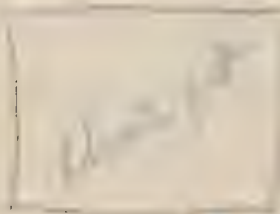


### § 73. Naczynia połączone.



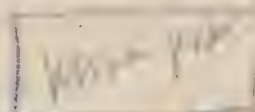
Do naczynia z wodą /rys.61/  
wprowadzamy ściągawkę, nie dotykając nią  
dna. Powierzchnia wody nie zmieni się  
przez to. Czy ściągawka znajduje się  
w środku, czy bliżej którejkolwiek ze  
ścian, ciecze po obu stronach stoi na  
jednakowej wysokości.

Od zamurzyliśmy w ten sposób ściągawkę do wody w naczyniu,  
rozdzieliliśmy je na dwa mniejsze naczynia, połączone ze  
sobą. Otrzymaliśmy dwa naczynia, łączące się ze sobą przez

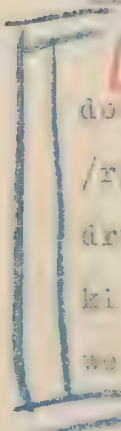


kanalik czyli przewód albo rurkę /rys.  
62/, widzieliśmy, że one nie różnią się  
niczym istotnym od poprzedniego /rys.  
61/ po przedzieleniu go ściągawką. Po-

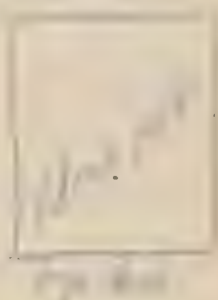
wiadamy zatem: jeżeli ciecze w naczyniach połączonych znaj-  
duje się w równowadze, nieobowiązuje jej powierzchnie leżą w tym  
samym poziomie. Czy te naczynia są jednakowego czy różnego  
przecięcia, czy są podobnego czy zupełnie odmiennego kształ-  
tu /rys.63/, jest rzeczą obojętną; prawo równowagi, które



oprowadzieliśmy, obowiązuje się bez  
zmiany.



Silnie to wyrażenie prawa stwierdzamy w codziennym  
doświadczeniu. Wzrzućmy w dwóch rurkach szklanych  
/rys.64/, z których jedna jest szersza od  
drugiej /lewej/ leżącą kulkę i rur-  
ki kauczukową, jak pokazuje rysunek/  
woda stoi jednakowo wysoko.



### § 74. Dlaczego w naczyniach połączonych ciecze

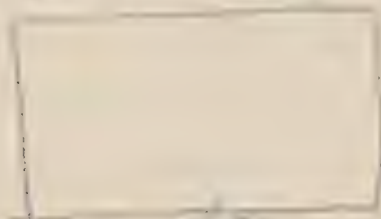
w równowadze stoi jednakowo wysoko.

Wiemy z § 65-go i 66-go, że jednostkowe ciśnienie, które

WYDAWNICTWO KSIĄŻEK SZKOLNYCH  
Zakładu Narodowego im. Ossolińskich  
we Lwowie.

84

panuje w danym miejscu cieczy, zależy tylko od odległości

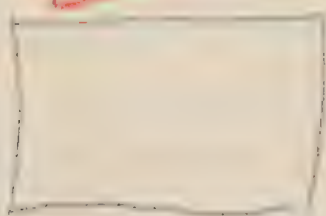


tego miejsca od swobodnej powierzchni.

Stąd wynika, że we wszystkich miejscach poziomej płaszczyzny ab /rys.65/ jednostkowe ciśnienie jest jednakowe;

istotnie, że miejsca leżą jednakowo daleko od swobodnej powierzchni ab.

Rozumiemy teraz, dlaczego w naczyniach połączonych



ciecz w równowadze musi stać jednakowo wysoko. Gdyby było inaczej, np. w przykładzie woda w naczyniu

B /rys.66/ musiałaby w równowadze stać wyżej niż w naczyniu A, odległość BB' punktu b /poziomej płaszczyzny ab/ od powierzchni B byłaby większa niż odpowiadająca odległość aa'; zatem jednostkowe ciśnienie w b byłoby większe niż w a, warstwa nn doznawałaby ciśnienia większego od strony naczynia B niż od strony A, skutkiem czego nie mogłaby pozostać w równowadze. Cała ciecz nie mogłaby pozostać w równowadze, musiałaby popłynąć w kierunku od B ku A.

Widzieliśmy zatem, że jednostkowe ciśnienie w cieczy nie zależy tylko od kształtu, ani od objętości naczynia, w którym ciecz się znajduje.

### § 75.3 Wzajemności ciśnień panujących w cieczy.

Wolimy rzucić do rurek połączonych, znanych nam z § 75-go /rys.67/. Wiedząc powierzchnie rurek, w razie równowagi, ustawiają się w ten sposób, że wprowadzamy do



szerszej rurki A tłoczek szczelnie przystający i wywierający nań ciśnienie, bądź bezpośrednio ręką, bądź też za pomocą ciśnień C.



WYDAWCA, KRAKÓW, 1906  
KRAKÓW, KRAKÓW, 1906  
we LW 1719.

Ilość opada w rurce a i podnosi się w b, jak pokazuje rysunek. Ruch cieczy wrótce ustaje, mianowicie wówczas, gdy jednostkowe ciśnienie słupki rtoci bc, o wysokości równej różnicy poziomów w a i w b, zrówna się z jednostkowym ciśnieniem, wywieranym na tłoczek. Rzeczywiście, cała ta ilość rtoci, która znajduje się, / w obu rurkach i w rurce kanezurowej / poniżej poziomu a i b, pozostaje cały przez się w równowadze, jak to jest z 74-74-go. - Dodatkowe ciśnienie ciążenia c musi równoważyć się zatem z ciśnieniem, wywieranym przez słupkę bc.

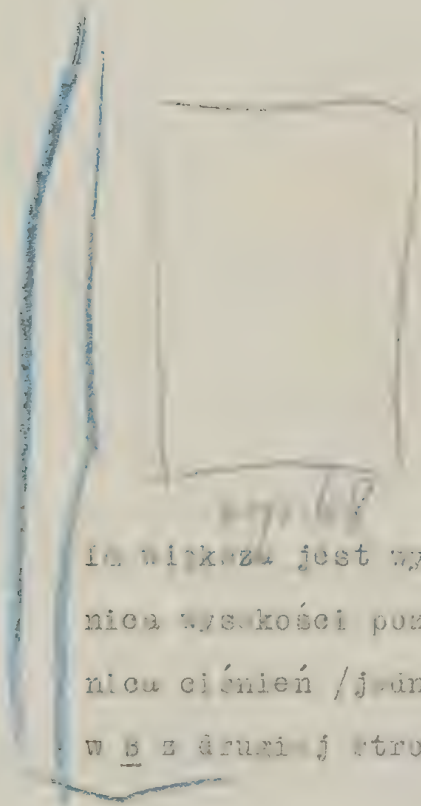
Przyjmując, że przekroje rurki a i b są równe, prze-  
cięcie tłoczka / wynosi  $4 \text{ cm}^2$ ; że przekroje rurki b  
wynosi  $1 \text{ cm}^2$ , że pole powierzchni ciąża 1.8 grama na  
tłoczku. Wpływając: że jakiej wysokości czynnika się  
rtęć w rurce b ? Ciśnienie czynnika wywołano przez  
c na tłok wynosi 1.8 grama, zatem jednostkowe ciśnienie  
wynosi  $1.8 : 4 = 0.45$  grama na  $1 \text{ cm}^2$ . Ciężar właściwy  
rtęci jest 13.5 / 157/. Ponieważ przekroje rurki b  
wynosi  $1 \text{ cm}^2$ , więc słupka słupka bc o wysokości 2 cm  
wynosi 27 grama, sprężałoby zatem ciśnienie jednost-  
kowe 27 grama na  $1 \text{ cm}^2$ . Wskazując: w razie równowagi  
słupka bc musi mieć 2 cm wysokości. Czy rurka b stoi  
pionowo, czy jest nachylona; czy na kształt dokładnego  
walec prosty, czy też posiada wygięcia lub rozszerze-  
nia, jest raczej rzeczą obojętną; różnica wysokości po-  
ziomów a i b czyli / pionowo licząc / wysokość bc wy-  
nosić musi 2 cm.

#### § 76. Manometr.

Wyobraźmy sobie rurkę zakrzywioną, zamkniętą w kształcie  
litery U / rys. 63/. Rurka b rurki jest otwarta, ramie a  
łączy się z jakimkolwiek zbiornikiem z dowolnego czasu

WYDZIAŁ KSIĄŻEK SĄDOWYCH  
Zbiór Narodowy im. S. M. Skłodowskiej  
w Lwowie.





/§ 82/. Jeżeli poziom rtęci aa stoi niżej niż poziom cc, posiadamy: gaz zawarty w a / oraz w b / zawiera ciśnienie większe niż powietrze w B. - Taki przyrząd, służący do wykrywania i mierzenia różnic ciśnienia, nazywa się manometrem.

W manometrze jest wysokość bc / czyli: różnica poziomów aa i cc / ta wysokość jest różnicą ciśnień /jednostkowych/ w a i w b z jednej strony, w B z drugiej strony.

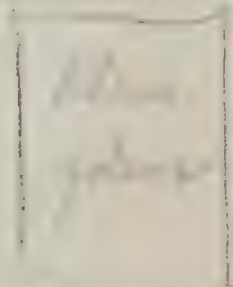
#### § 77.2. Przyrząd do pomiaru ciśnienia.

~~Przyrząd~~ sprostować i objaśnić rozumowanie artykułów poprzedzających z pomocą prostych doświadczeń.

Do rurek połączonych (rys. 68) nalejmy rtęci: stanie w nich jednakowo wysoko. Nalejmy 10 gr wody nad rtęć w rurce węższej; jeśli rurka szersza ma ~~5~~ 5 razy większą średnicę, więc 25 razy większe poprzeczne przecięcie, będziemy musieli nalać do niej, nad rtęć, 250 gr wody, ażeby przywrócić równość rtęciowych poziomów. W ten sposób zbudowaliśmy przyrząd podobny, jak na

— aut.

rys. 65- m; imenit słowy, zbudowaliśmy mały przyrząd hydrauliczny. Rtęć gra tu rolę cieczy, woda nad rtęcią działa tutaj tak, jak tam olej, porożone na trochę.



Weźmy rurkę szklaną, zgiętą w dwa nierówne ramiona (rys. 61.); nalejmy do niej rtęci i wprowadźmy pod wodę, nie zanurzając otworu dłuższego ramienia. Zobaczymy, że rtęć podnosi się w prawym, dłuższym ramieniu, ~~z~~ mianowicie: gdy poziom lewy jest zanurzony o 13.5 cm pod powierzchnią wody,

*różnica poziomów rtęci jest równa 1 cm. Jeśli zanurzymy poziom lewy o 27 cm pod powierzchnią, różnica poziomów podwoi się i wynosi —*

rys. 69.

niesie 2 cm. Jeżeli zanurzymy rurkę ~~z~~ o 40.5 cm

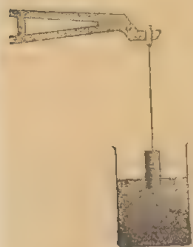
od powierzchni, różnica poziomów rtęci wyniesie 3 cm. Wyjaśnij sobie zatem sens tego doświadczenia na przykładzie artykułów poprzednich.

WYDAWNICTWO KSIĘŻEK S-KOLEN  
Zakładu Narodowego im. Ossolińskich.  
we Lwowie.

78

## Ciecz usiłuje wyprzeć ciało zanurzone.

Zawieśmy na wadze walec (rys. 78) i zrównoważmy go ciężarkami po drugiej stronie. Zanurzając walec do wody, zobaczymy, że ciężarki przeważają, jak gdyby walec stracił na ciężarze. Jakim sposobem tak się dzieje? Przypomnijmy sobie (§ 45.), że kiedy walec wkracza do wody, woda podnosi się dookoła w naczyniu. A zatem walec, obniżając się w wodzie, musi podnieść pewną ilość wody do góry; dlatego ciężar walca musi przewyższyć ciężar wody podnoszonej. Zupełnie podobnie, gdy na ~~bloku~~ na dźwigni albo na wadze większy ciężar przeważa inny mniejszy; wówczas ~~go wprowadzić~~ sam przez to, traci tyle, ile ma do zwalczenia. ~~N.p.~~ Jeśli 3 kilogramy, obniżając się, muszą podnieść ~~jeden~~ kilogram po drugiej stronie dźwigni lub wagi, wówczas działają tak, jak gdyby ważyły tylko dwa kilogramy. Taksamo walec, ważący ~~p.~~ 75 gramów, jeśli, obniżając się, musi podnieść ~~p.~~ 10 gramów wody do góry, działa na wagę tak, jak gdyby ważył ~~tylko~~ 65 gramów.



Rys. 78

Zapytujemy teraz: gdy walec zanurza się, ile wody musi podnieść do góry dookoła? Oczywiście, tyle centymetrów sześciennych, ile ich zanurza do wody ze swej własnej objętości. Więc mamy takie prawidło: *ciało zanurzone do wody, traci pozornie na ciężarze; mianowicie traci tyle gramów, ile centymetrów sześciennych z jego objętości zanurzyło się w wodzie.* Prawidło to nazywa się zasadą Archimedesza. Możemy je łatwo sprawdzić. Zważmy ciało *C* naprzód w sposób zwykły, potem zanurzymy je do naczynia, (rys. 79), tak, jak opisano w § 68.; zważmy je powtórnie, zanurzone w wodzie. Przekonamy się, że ciało zanurzone zachowuje się tak, jak gdyby ważyło mniej, ~~z~~ mianowicie o tyle mniej, ile waży woda, wypchnięta przez nie do naczynia *D* (rys. 79).

## 79 Skąd powstaje w cieczach parcie do góry.

Powiadamy zatem, że każda ciecz usiłuje wyprzeć do góry wszelkie zanurzone w niej ciało. Skąd bierze się ta siła? Możemy na to odpowiedzieć na zasadzie §§ 68. i 69. Wyobraźmy sobie mały sześciąt n. p. szklany, zanurzony w wodzie (rys. 79), na którym naczynie i sześciąt widzimy z boku). Przypuśćmy, że sześciąt ma po 1 centymetrze szerokości, długości i wysokości. Przypuśćmy, że ścianka górna *b* leży pod powierzchnią wody w odległości 4 cm; w takim razie ścianka dolna *c* leży pod nią w odległości 5 cm. Zatem, według § 69, ciśnienie wody na górną ściankę *b* równa się ciężarowi 4 gramów, a ciśnienie wody na dolną ściankę *c* równa się ciężarowi 5 gramów. Pierwsze ciśnienie działa z góry na dół, drugie z dołu do góry. Te ciśnienia nie równoważą się, skoro drugie, działające od dołu, jest większe; na sześciąt działa ostatecznie z dołu do góry siła, równa ciężarowi 1 grama. (Na ścianki boczne *a* działają równe ciśnienia, wprost przeciwne sobie, ~~więc~~ znoszą się dokładnie). To zatem jest przyczyną parcia do góry, którego doznaje sześciąt; wskutek tego, zajmując objętość 1 cm<sup>3</sup>, traci pozornie 1 gram na ciężarze. Gdyby miał objętość ~~n.p.~~ 15 cm<sup>3</sup>, straciłby pozornie 15 gramów na ciężarze.



Rys. 79

H Włone

✓ modyfikacja



2000-0000 1000-0000

## § 80. O ciałach pływających.

Wyobraźmy sobie (rys. 72) kawałek drzewa, przypuszczony o objętości  $10 \text{ cm}^3$ . Jeśli zahurzymy go do wody, woda wypiera go do góry siłą 10 gramów. Tymczasem kawałek drzewa o objętości  $10 \text{ cm}^3$  waży tylko 5 gramów (§ 70); siła ciężkości ciągnie go na dół siłą 5 gramów. Zatem kawałek drzewa nie może tonąć w wodzie ani bujać w niej swobodnie; ~~teraz~~ musi iść do góry. Gdy dojdzie do powierzchni, kawałek drzewa zaczyna wynurzać się z wody; im bardziej (się wynurzy) tem mniejszego parcia do góry będzie doznawał od cieczy.



Rys. 72

Oczywista, że przestanie wynurzać się wtedy, kiedy parcie cieczy stanie się równe jego ciężarowi. Powiadamy ~~zatem~~: ciężar cieczy, którą wypiera ciało pływające, jest równy całemu ciężarowi tego ciała. Możemy to sprawdzić zapomocą przyrządu przedstawionego na rys. 44, § 55. Napelniwszy naczynie A wodą aż do ustania wpływu, kładziemy na wodę kawałek drzewa lub korka. Ciało to wypchnie do D tyle gramów wody, ile samo waży.

Na zasadzie artykułów poprzednich i niniejszego łatwo wytłómaczyć, dlaczego pod wodą poruszamy ręce i nogi tak swobodnie, jak gdyby były pozbawione ciężaru; dlaczego dźwigamy pod wodą ciężary, których nie możemy wznieść ponad wodę; dlaczego duża pusta beczka może wydobyć z dna rzeki ciężki kamień; dlaczego kawałek mosiądzu lub szkła tonie w wodzie, a kubek mosiężny lub butelka szklana nie tonie; dlaczego trudno jest utrzymać się na nogach w rzece o wartkim prądzie, jeśli woda sięga do szyi; dlaczego lód pływa po wodzie, a żelazo po rtęci (zob. § 53).

### Zadania.

1. Ile wynosi ciśnienie jednostkowe na dnie stawu głębokiego na 3 m.
2. Ciężar właściwy terpentyny wynosi 0.9. Jak wysoki jest słup tej cieczy, wywierający takie samo ciśnienie, jak słup wody, który ma 100 cm wysokości?
3. Ile gramów na  $\text{cm}^3$  wynosi jednostkowe ciśnienie, wskazane przez manometr rtęciowy, gdy różnica poziomów rtęci wynosi 40.5 cm?
4. Ile traci na ciężarze ciało o objętości  $45 \text{ cm}^3$  zanurzone: 1/ w wodzie, 2/ w terpentynie, 3/ w rtęci?
5. Ciężar właściwy ołowiu wynosi 11.3 gr. Ile wynosi ciężar właściwy ołowiu?
6. Dlaczego łatwiej jest pływać po morzu a ciężko po jeziorze?

/ciężaru

H yna

H doznaje

Wzrost

gr.

cm.

niech

WYDAWNICTWO KSIĄŻEK SPOŁYCH  
Zakładu Narodowego im. Ossolińskich  
we Lwowie.





BIBLIOTWA KSIĄŻEK  
Księżki Narcewskiego im. C. S. Narcewskiego  
w Lwowie

przytaczamy je tylko dlatego, żeby wyjaśnić różnicę w ściśliwości powietrza a wody. Powietrze jest znacznie łatwiej ściślane niż woda.

§ 83.3 ciężkich gazowych i ich najprościejzych właściwościach.

Znamy rozmaite ciała, których niektóre właściwości są całkiem odmienne ~~xxix~~ od właściwości powietrza, które jednakże co do sprężystości i ściśliwości są podobne do powietrza; nazywamy je ciałami gazowymi albo krócej gazami. Znamy np. tlen, węgiel dwór, który może palić się, znany gaz ciemny i żółty, bezwodnik węglowy; znamy zielonawo-żółty tlen, cięższy od tlenku, siarkowodor, odznaczający się nieznoszeniem opa zapachem; gaz oświetlący cy, tak bardzo palliwczyny w go podrażnienie domowem, chociaż trujący. W nauce chemiji uczymy się bliżej te ciała i roz poznawć ich drobne właściwości.

Wszystkie tak znacznych różnic, gazy mają wiele wspólnych i wspólnych właściwości. Stwierdziliśmy przed chwilą, że powietrze, tak samo jak woda, nie ma wcale własnej postaci i zmienia ją z wszelką łatwością. To samo możemy powiedzieć o innych gazach. Gazy nie mają stałości postaci; dlatego też gazy, podobne jak ciecze /§ 65, 66, 67./, przenoszą zewnątrz swego kierunku ciśnienie i rozciągają je we wszystkie strony.

Jeżeli jakiś ciałko gazowe doznało pewnego ciśnienia od ograniczającego go ciała /np. od tłoka w przyrządzie /rys. 47/ przed chwilą wspomnianym/, w takim razie, podług zasady działania i przeciwdziałania /§ 4/ musi odpowiedzieć własnem, od zewnątrz skierowanem ciśnieniem, równie wielkiem jak wywierane od zewnątrz. Gazy wywierają równo ciśnienie, we wszystkich kierunkach.



WYDZIAŁ KSIĄZEK SPÓŁNYCH  
Zakład Narodowy im. Ossolińskich  
w Lwowie

Gdybyśmy położyli 200 kg na tłok w walcu, zawierającym powietrze /§§ 57 i 52, rys.47/ ścianałoby się ono do niżej części swej pierwotnej objętości; ale wprawdoby wówczas na tłok tak ogromne ciśnienie, że ciężar 200 kg byłby przez nie zrównoważony. Tłok nie mógłby posunąć się niżej ani o najniższą część milimetra.

Widzieliśmy, że powietrze wypełnia całą objętość szklanki /rys.73/, od dna aż do powierzchni wody. Każdy gaz zachowuje się podobnie; jeżeli znajduje się w pewnym naczyniu, dochodzi do wszystkich części, do wszystkich zakątków tego naczynia. Dostrzegamy tutaj niejakie różnice pomiędzy właściwościami suchej wody /i innych cieczy podobnych/ a właściwościami gazów. Woda może zajmować część naczynia, w którym się mieści; możemy nalać trochę wody do szklanki tak, żeby ciecz wypełniła połowę albo trzecią część pojemności szklanki. Dostrzegamy wówczas w szklance powierzchnię podobną wodę, t.j. powierzchnię, która oddziela ciecz od znajdującego się nad nią ciała gazowego. W naczyniu, zawierającym tylko powietrze, nie dostrzegamy nic podobnego; nie tworzy się w nim powierzchnia podobna, która oddzielałaby gaz od reszty zawartości naczynia. Różnica pomiędzy zachowaniem się cieczy a gazów, która się tutaj objawia, zrozumieć łatwiej w następującym /czwartym/ rozdziale tej książki.

#### § 54. Ciężar powietrza.

Czy powietrze jest ciężkie? Gdyby powietrze nie miało wcale ciężaru, dym z komina ani para z kotła nie mogłyby podnosić się w nim do góry. Zaczniemy: czemu korek w wodzie idzie do góry? Ponieważ 1 cm<sup>3</sup> korka jest lżejsze niż 1 cm<sup>3</sup> wody /§ 51/. Widocznie dym i para w jednokowej objętości są

WYDAWNICTWO KSIĄZEK SPOŁE...  
Zakładu Narodowego im. Ossolińskich  
we Lwowie.



lżejsze od powietrza, skoro w nim idę do góry. Gdyby po-  
wietrze nie było cięższe, dym i para nie mógłby być lżej-  
sze od powietrza.

Podkreślamy, że również to rozumowanie w sposób bardzo prosty.  
Wskazuje na to, że ten sam rozumowanie okazuje się być.

której wyjechał z przetrwania w szeregach  
 kurek /75.75/. <sup>Widoczne</sup> Kuchnia najprawdopodobniej, za-  
 pominiętych wczesnych powstania. Następnie,  
 przywrócić nam do obrotu wyjątki, wyko-  
 nanie i nie ma to być jakiegokolwiek po-  
 nieważenia. Kuchnia kurek /dla wyjątków powstania nie ma  
 powodu do bulona napowrót/ i widać bulon powstanie. Cie-  
 cha jest niejaką nię z przetrwania kurek; powstanie które  
 widoczny, zostało niejakim ośmian.

Kula ziemiska jest przykryta powłoką powietrza. <sup>/atmosferę/</sup>  
Wejdźmy na wysoką wieżę, wstąpmy na szczyt góry, wzniesmy się balonem; znajdziemy tam wszędzie powietrze. A zatem żyjemy w głębi ogromnego oceanu powietrza, jak rośliny dna morskiego, które żyją w głębi ogromnego oceanu wody.

[illegible]

WYDAWNICTWO KSIĄŻKI  
Zakładu Narodowego im. Ossolińskich  
we Lwowie.





WYDZIAŁ I. A.  
Zakład Narodowy im. Ossolińskich.  
we Lwowie.

### Rozumiemy teraz, dlaczego rtęć nie odrywała się

kurka *C*, dopóki on był wzniesiony nad poziom w *A* o 20, 50 lub 70 cm (rys. 63, II.). Rozumiemy także, dlaczego, skoro już rtęć oderwała się i próżnia utworzyła się, dalsze podnoszenie rurki *C* nie miało wpływu na wzniesienie górnego poziomu nad dolnym. Bo próżnia, czy zajmuje małą objętość, czy dużą, nie wywiera żadnego ciśnienia.

Ciśnienie staczającego się powietrza nie jest jednakże dokądś stałe; nie równa się ono zawsze ciśnieniu słupa rtęci o wysokości 76 centymetrów. Ciśnienie powietrza ulega niustannym zmianom, zależnym od stanu pogody. Jeżeli burza nadciąga, ciśnienie powietrza zmniejsza się, mierzając odpowiednie. Przy silnej pogodzie, przeciwnie, zwiększa się. Zmieniają się drucotwarcie na mrozie, ciśnienie powietrza opada zwykle wzniosłe i mało zmienne. Istotną zatem, że, zarówno z naukowych jak z praktycznych względów, jest rzeczą ważną umieć mierzyć ciśnienie panujące w danej chwili w powietrzu pewnej miejscowości. Do tego celu może przystąpić przyrząd, który opisałiamy w artykule niniejszym. Aby zmierzyć ciśnienie powietrza, wystarczy zmierzyć pionową różnicę wysokości poziomów rtęci w rurkach *A* i *C* (rys. 76 III.). W tym znaczeniu nazwemy ów przyrząd barometrem.

### § 87 Doświadczenie Torricelliego.

Doświadczenie poprzednie można inaczej wykonać. Rurkę *A* (rys. 64), u jednego końca zamkniętą, u drugiego otwartą, o długości, przenoszącej 76 cm, wypełniamy rtęcią. Następnie zamykamy ją palcem, przewracamy i wprowadzamy pod rtęć do płaskiego naczynia; odcinamy palec, gdy otwór rurki zanurzy się pod rtęcią w naczyniu. Rtęć spada w rurce *A* i zatrzymuje się o 76 cm nad poziomem w płaskim naczyniu. Możemy przekonać się o tem zapomocą krótkiej podziałki *S*, do której przytwierdziliśmy prosty drut stalowy, mający 65 cm długości. Obraz drutu odbija się w rtęci, łatwo więc zobaczyć, kiedy dotyka jej zwierciadła. Powiadamy, że przyrząd ten jest tylko odmianą urządzenia, przedstawionego na rys. 63., III. Ciśnienie powietrza na rtęć w płaskim naczyniu podtrzymuje tu słup rtęci, podniesiony w rurce *A*, z powodu, iż nad rtęcią w *A* jest próżnia, zupełnie podobnie ciśnienie powietrza na lewy poziom w dawniejszym przyrządzie (rys. 63., III.) podtrzymywała prawy poziom, wzniesiony wyżej o 76 cm. W obu razach ciśnienie atmosferyczne powietrza równoważy ciężar podniesionego słupa rtęci.



H. Widzimy

WYDAWNICTWO KSIĄZEK SKŁADNYCH  
Zakładu Narodowego im. Ossolińskich  
we Lwowie.



§ 88. Jak wielkie jest ciśnienie powietrza.

W przyrządzie, wyobrażonym na rys. 64, weźmy rurkę szerszą, *np.* rurkę *B* o przecięciu dwa razy większem, niż przecięcie poprzedniej rurki *A*. Czy słup, podniesiony w nowej rurce *B*, będzie miał również wysokość 76 cm? Gdyby tak było, słup w rurce *B* zawierałby dwa razy tyle rtęci, ważyłby zatem dwa razy więcej, niż słup w *A*; więc mogłoby się wy-

✓ aut

/może pnie słup

dawać, że w *B* słup powinien być niższy; ale tak nie jest. Ciężar słupa w *B* będzie wprawdzie dwa razy większy, niż ciężar słupa w *A*; ale ~~toż~~ -zate będzie się rozpościarał na pole dwa razy większe. Ciśnienie zatem na jednostkę pola, (§ 69.) będzie w obu razach jednakowe. Możemy więc powiedzieć, że miarą ciśnienia powietrza jest słup rtęci o wysokości 76 cm; nie potrzebujemy dodawać, jak wielkie ma być przecięcie tego słupa. Takie ciśnienie nazywa się ~~zwykłym atmosferycznym ciśnieniem lub~~ ciśnieniem jednej atmosfery.

czyli jednostkowe

Przeciwnie, jeżeli chcemy porównać ciśnienie powietrza z ciśnieniem, sprawianem *n. p.* przez kilogram na podstawę, musimy określić pole tej podstawy; kilogram bowiem ciśnie inaczej na pole o rozległości ~~10~~ 10 cm<sup>2</sup>, niż na pole o rozległości 20 cm<sup>2</sup>. Przypuśćmy, że rurka *A* (rys. 64.) ma 1 cm<sup>2</sup> przecięcia; słup podniesionej w niej rtęci zawiera więc 76 cm<sup>3</sup> a zatem (§ 38) waży  $76 \times 13.5 = 1026$  gramów. Zatem słup rtęci w rurce *A* wywiera ciśnienie przeszło kilograma na każdy centymetr kwadratowy przecięcia, na którym łączy się z rtęcią szerokiego naczynia; takie jest ciśnienie powietrza. Powietrze

✓ aut.



atmosferyczne wymiera ciśnienie przeszło kilograma na centymetr kwadratowy. Jest to potężne ciśnienie, bo centymetr kwadratowy to niewielka rozległość (rys. 64).

Rys. 66. Na stół o rozległości naprzykład jednego metra kwadratowego powietrze ciśnie siłą ciężaru 10260 kilogramów.

1. Ile wynosi ciśnienie powietrza /o słupa rtęci 76 cm /o stół 1 m<sup>2</sup>?
2. Ile wynosi różnica ciśnienia atmosferycznego i ciśnienia wody w słupie 1 m<sup>2</sup>?
3. Jak wielki jest ciężar słupa powietrza, który wywiera na stół 1 m<sup>2</sup>?
4. Jak wielki jest ciężar słupa powietrza, który wywiera na stół 1 m<sup>2</sup>, jeżeli słup powietrza ma 1 m<sup>2</sup> i 1 m<sup>3</sup>, słup wody 1 m<sup>2</sup> i 1 m<sup>3</sup>, słup rtęci 1 m<sup>2</sup> i 1 m<sup>3</sup>?
5. Jak wielki jest ciężar słupa powietrza, który wywiera na stół 1 m<sup>2</sup>?

WYDAWCA: WŁÓDZIMIERZ KSIĄŻEK  
Zakład Narodowy im. Ossolińskich  
w Lwowie.

### 89. Jak działa ciśnienie powietrza.

Ciśnienie powietrza działa na powierzchnię wszystkich ciał w niem zanurzonych; podobnie jak ciśnienie w cieczach, działa ono jednakowo na wszystkie strony: ciśnienie zarówno z góry, jak od spodu oraz z boków. Z tego powodu nie o-  
strzegamy o szkodliwych skutkach tego ciśnienia, jakkolwiek ciś-  
nienie powietrza na powierzchnię naszego ciała jest bardzo  
znaczące.

W powietrzu możemy, mimo to, choćby najłatwiej, stworzyć  
różnicę, je z powietrzem otwartem, podobnież w budynkach po-  
stawionych z m. in. kominami, szczelinami w drzwiach, oknach  
itp., ciśnienie jest takie same jak zewnątrz.

Tak samo będzie, jeżeli zrobimy najprzód otwarte za-  
knięty korek, albo za pomocą kurka. Powietrze w takim  
naczyniu nie będzie wprawdzie bezpośrednio ściśnięte przez  
warstwy nad niem leżące, ale dzięki niemu swoim przemiesz-  
czaniem te warstwy do naczynia powietrze już ściśnięte  
wziąć do ciśnienia atmosferycznego, czego zastrzeżenie albo prze-  
stawienie kurka w niezmienionym stanie nie może.

W takim takim naczyniu, wypełnionem powietrzem, pod  
ciśnieniem atmosferycznym są nieco ściśnięte ciśnienie  
działające jednakowo po jednej i drugiej stronie, ale nie  
istnieje w niem naciska jednostronny, którego za pomocą  
zwiększenia w sposób podobny, jak można to uczynić, ciśnienie na  
nie jednostronnie, np. ręką.

Inaczej rzecz będzie się miała, jeżeli do pewnej objęto-  
ści powietrza więcej niżeli to się zbiera pod  
ciśnieniem atmosferycznym, albo wtedy, jeżeli to powietrze  
rozpręża, tak iż będzie to więcej, niż było pod ciśnieniem  
atmosferycznym.

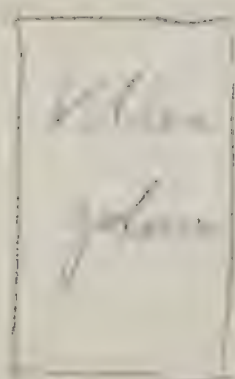
Takie zwiększenie albo rozprężenie możemy sprawić np.



WYDAWNICTWO KSIĄŻEK  
Zakładu Narodowego im. Komisji  
we Lwowie.

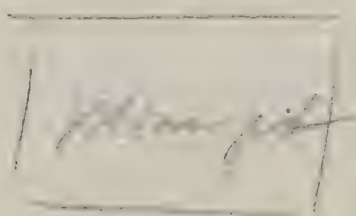
w ten sposób, że pewną niezmienną masę powietrza wciskamy w objętość mniejszą, albo też jeżeli je rozprężamy, to objętości większej, aniżeli zajmowało pod ciśnieniem atmosferycznym.

§ 10. Jak zachowuje się powietrze, gdy je zprężamy albo rozprężamy.



Próbowaliśmy do doświadczeń, któremi zajmowaliśmy się w § 6-1m/. Próbę 79 wyobraźmy sobie, którą pokazujemy się obecnie. Kurka A ma powłokę, wskazującą, ile zawiera się w niej centymetrów sześciennych, pokazując od kurka. Ciśnieniem kurka w A doprowadzamy ręką do pewnej kreski. Oba pistolety /w A i w B/ stoje jednakowo wysoko /rys. 79 I/, podnosząc na obrotach kule. To samo atmosferyczne ciśnienie. Przekręcamy teraz kurka A; tym samym zamkniliśmy w rurce A pewną ilość powietrza pod ciśnieniem atmosferycznym. Podnosimy rurkę B; dostrzegamy wówczas dwa skutki: 1<sup>o</sup> objętość powietrza zamkniętego w A zmniejsza się; to znaczy, że ciśniecie /i 80/ tego powietrza wzrosło 2<sup>o</sup> pionowo przesunęła odległość pistoletów w A i w B powiększyła się; stąd wniosek, że ciśnienie powietrza zamkniętego w A stało się większe /i 79/. Jeżeli więc zmniejszamy objętość pewnej ilości powietrza /czyli, innymi słowy, jeżeli zwiększamy jego ciśniecie/, wówczas ciśnienie powietrza wzrasta.

Zmniejszaliśmy oczywiście objętość powietrza, zamkniętego w rurce A; w tym samym przrządzie możemy tę objętość



rys 80

powiększyć. Próbę 80 na doświadczenie B /rys. 80/ zamiast podnieść do góry. Objętość powietrza w A powiększa się; pistolet w rurce A stoi tym samym wyżej niż w rurce B. A zatem, powiet-

Wydawnictwo KSI  
Zakładu Narodowego  
w Lwow



34 98

rze zawarte w A wywiera teraz ciśnienie mniejsze niż atmosferyczne. Pośladamy zatem: jeżeli powiększymy objętość pewnej ilości powietrza /czyli zmniejszymy jego gęstość/, wówczas ciśnienie powietrza maleje.

Przykład w rurce B działa ciśnienie 1 atmosfery. Jeżeli zatem poziom A i B stoją jednakowo wysoko, ciężar wówczas, że powietrze w A wywiera ciśnienie, równe ciśnieniu słupa rtęci o wysokości 76 cm; albo, jak krótko mówiąc, ciśnienie 76 cm. Jeżeli poziom A stoi /niższe/ o 16 cm /patrz/ niż w B, wówczas ciśnienie słupa rtęci, które powietrze w A wywiera ciśnienie  $76 + 16$  czyli 114 cm, lub inaczej 1.5 atmosfery. W ten sposób dobierzemy ciśnienie powietrza zamkniętego w A z różną różnicą wysokości obu poziomów. Słuchając teraz rtęć po kolei z poziomu rozważanego kresak rurki B, odmierzając z każdej ruroci słupkę odległość obu poziomów, dobierzemy stałe ciśnienie powietrza w rurce B. Przyjmijmy na przykład

Objętość powietrza w A	Odległość pomiędzy poziomymi A i B	Ciśnienie powietrza w B
30 $cm^3$	Zero	76 cm czyli 1 atm.
20 $cm^3$	38 cm	114 cm czyli 1.5 atm.
15 $cm^3$	76 cm	152 cm czyli 2 atm.
10 $cm^3$	152 cm	228 cm czyli 3 atm.

Widzimy, że, kiedy objętość powietrza zmniejsza się do połowy (n. p. z 30 do 15, z 20 do 10  $cm^3$ ), ciśnienie powiększa się w dwójnasób. Tak zachowuje się powietrze. *Ile razy zmniejsz-*

szamy objętość pewnej ilości powietrza, ile razy ztem zwiększamy jego gęstość/, to ile razy powiększa się ciśnienie powietrza.

Jeżeli poziom w B stoi 16 cm /patrz/, wówczas, udeży obliczyć ciśnienie powietrza, zamkniętego w A, odmierzamy pionową odległość poziomów od 76 cm. Wykonamy doświadczenie, otrzymujemy następujące:

Objętość powietrza w A	Objętość w rurce poziomami A i B	Ciśnienie powietrza zamkniętego w A
40 $cm^3$	19 cm	76 cm czyli 1.75 atm.
20 $cm^3$	38 cm	152 cm czyli 3.5 atm.

WO KSIĄZ  
IKIADU narodowego i  
Lwow.

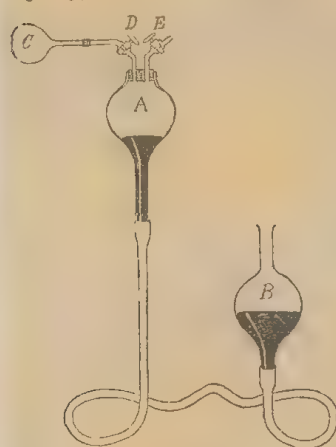
Porównajmy te ciśnienia z poprzednimi:

Objętość powietrza	Ciśnienie	Objętość powietrza	Ciśnienie
27 cm <sup>3</sup> .....	1.50 atm.	30 cm <sup>3</sup> .....	1.00 atm.
40 cm <sup>3</sup> .....	0.75 atm.	60 cm <sup>3</sup> .....	0.50 atm.

Ile razy zwiększamy objętość danej ilości powietrza /ile razy zatem zmniejszamy jego gęstość/, tyle razy ~~zmniejszamy~~ zmniejszamy ciśnienie powietrza. łatwo zrozumieć, że obrotowa rurka, obrotowa i odpowiednio przed chwilą, nie różnią się wcale między sobą i nie mają tej samej zawagi, bo są równo ciężarowe i mają taką samą objętość /całkowitą/.

#### § 97. Pompa pneumatyczna rtęciowa.

Ostatnie doświadczenie (rys. 87) naprowadza na pomysł zbudowania tak zwanej pompy pneumatycznej, która służy do wyciągania powietrza. Wyobraźmy sobie balon szklany *A*



Rys. 87.

(rys. 87.), do którego wchodzi dwie rurki. Jedna prowadzi do naczynia *C*, z którego chcemy wyciągnąć powietrze; ta może być zamknięta kurkiem *D*. Druga prowadzi wprost na zewnątrz i może być zamknięta kurkiem *E*. Możemy zniżać i podnosić rtęć w balonie *A*, zniżając lub podnosząc balon *B*, który łączy się z pierwszym przez wytrzymałą rurkę kauczukową. Naprzód podnosimy rtęć w balonie *A* aż do kurków *D* i *E*. Następnie zamykamy *E*, łączymy *D* z naczyniem *C* i opuszczamy rtęć w *A*. Rtęć, opadając, pozostawia w balonie próżnię, gdyby nie powietrze w *C*, które napływa do *A*.

Jednak ta ilość powietrza, która pod ciśnieniem jednej atmosfery zajmowała objętość naczynia *C*, rozchodzi się teraz po obu naczyniach *C* i *A*; mamy więc już teraz w *C* ciśnienie zmniejszone.



W12. 10. 1871. 10. 1871.

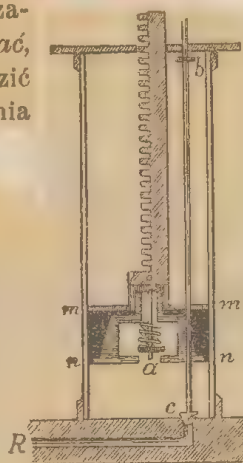
### Zamykamy teras Kurka D, podnosimy

w *A* rtęć do góry i otwieramy kurek *E*. Tym sposobem wypędzamy na zewnątrz powietrze, które napłynęło było z *C* do *A*. Podniósłszy rtęć jak można najwyżej, znów zamykamy *E*, otwieramy *D* i opuszczamy rtęć, jednym słowem powtarzamy, co czyniliśmy przed chwilą. Powietrze w *C* rozejdzie się znów po przyrządzie, ciśnienie w *C* zmniejszy się ~~do 1/2 atmosfery~~ *Znowu*. Tak samo będziemy postępować dalej. Po kilku poruszeniach rtęci otrzymamy w *C* bardzo małe ciśnienie, t. j. usuniemy stamtąd powietrze prawie zupełnie.

Do doświadczeń z pompą rtęciową, jak równie do opisanych w kilku poprzednich artykułach, należy używać rtęci czystej. Rtęć, znajdująca się w handlu, bywa zazwyczaj dosyć czysta, trzeba ją tylko przefiltrować, a często i wysuszać. Z rtęcią należy obchodzić się ostrożnie, zwłaszcza zaś unikać ogrzewania jej w otwartych naczyniach.

### § 92. Pompy pneumatyczne innej budowy.

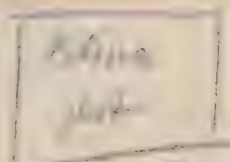
Można powiedzieć, że pompa rtęciowa, wyżej opisana, ma tłok, zrobiony z rtęci. Budują też często pompy pneumatyczne o tłokach drewnianych lub metalowych, obciążanych skórą. Zamiast kurków (jak *D* i *E* na rys. 67.) robią wówczas zastawki (wentyle) czyli klapy, które samo pompowane powietrze odmyka i zamyka. Na rys. 68. widzimy istotną część maszyny podobnej. Przez tłok



Rys. 68.

przechodzi środkiem kanał, od dołu zamykany zastawką *a*, od góry łączący się z zewnętrznym powietrzem. Z boku tkwi w tłoku pręt *bc*, poruszający się razem z tłokiem do góry i na dół, o ile pozwalają na to: zatyczka *c* i haczyk *b*. Gdy tłok posuwa się do góry, pręt *bc* podnosi się, kanał *R* jest więc otwarty, natomiast *c* zamyka się zaraz pod naciskiem zewnętrznego powietrza, gdyż ruch tłoka rozrzedza pod nim powietrze; a zatem ostatecznie powietrze jest pompowane przez *R*, n. p. z pod dzwonu (rys. 69.). Przeciwnie gdy tłok *mmnn* zesuwa się na dół, pręt *bc* opuszcza się, zamyka *R*; powietrze, które napłynęło było do walca, ściskane, nabiera większego ciśnienia, nareszcie otwiera klapę *a* i wychodzi na zewnątrz.

W doświadczeniach z pompą przydatny bywa talerz (rys. 69), przez który prowadzi rura do pompy; na talerzu umieszcza się przedmioty, które mają znaleźć się w próżni, przykrywając je przyszlifowanym dzwonem szklanym. Dla szczelności brzeg tego dzwonu smarujemy łożem albo waseliną albo mieszaniną parafiny z waseliną. Podobnym smarem smarujemy również szlifowane części kurków szklanych.



Rys. 69.

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

LIBRARY



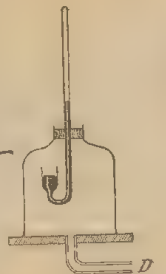
### § 73 Doświadczenia, okazujące ciśnienie powietrza.

Przy pomocy pompy pneumatycznej sprawdzamy, co powiedzieliśmy o ciśnieniu powietrza. Wstawny ~~n-p~~ pod dzwon



Rys. 74

z rys. 82 butelkę, zaopatrzoną w korek, przez który przechodzi rurka wyciągnięta (rys. 74); w butelce tej znajduje się woda. Gdy pompa zacznie działać, woda tryska z rurki. Albo też wprowadźmy barometr pod dzwon pompy, jak wskazuje rys. 83. Słup w barometrze będzie spadał coraz niżej, im dłużej pompa będzie działała.

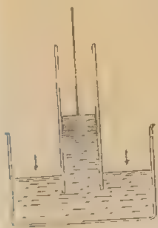


Rys. 83

Zamknijmy wylot rury w talerzu (rys. 83) palcem lub dłonią; w miarę pompowania czujemy, że coś wtlacza nam skórę do rurki. Postawmy na talerzu szeroką rurę szklaną, której otwór górny obwiązaliśmy pęcherzem lub błoną kauczukową; wskutek działania pompy błona staje się wklęsła, ku dołowi i nareszcie pęka. Wszystkie te skutki sprawia ciśnienie powietrza. Nie wydają nam się one dziwne, skoro ciśnienie to równa się, jak doszliśmy, ciśnieniu przeszło kilograma na centymetr kwadratowy.

### § 94 O pompach, studniach, sikawkach i t.p.

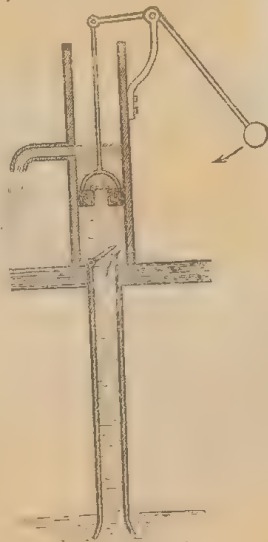
Wzamy rurkę, w której porusza się tłok (rys. 86); zanurzamy ją dolnym otworem do wody i podnosimy tłok. Tym sposobem tworzy się pod tłokiem próżnia, którą natychmiast wypełnia woda, bo wciska ją tam ciśnienie powietrza zewnętrznego. To objaśnia, czemu możemy pić napoje, ciągnąc je rurką lub



Rys. 86

słomką. Na tej samej zasadzie polega działanie pomp wodnych w zwykłych studniach. Rysunek 87, który przedstawia przecięcie takiej studni, pozwala zrozumieć bez dalszych objaśnień ruch tłoka, grę klap, płynięcie wody, jakie powtarzają się w niej za każdym poruszeniem rękojeści. Budowa sikawek polega w zasadzie na urządzeniu podobnem.

Gdybyśmy zanurzyli rurkę z tłokiem (rys. 86) do rtęci, wiemy że wciągnęlibyśmy ją na wysokość 76 cm, ale nie wyżej (§§ 80, 87 i 88). Woda jest 13.5 razy mniej ciężka od rtęci, więc można podnieść w ten sposób wodę o wysokość  $13.5 \times 76$  cm czyli o wysokość przeszło 10 metrów ale nie wyżej. Zwyczajna pompa nie może podnieść wody o większą wysokość.



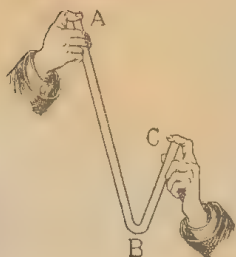
Rys. 87

— auf

WYDAWNICTWO KSIĄŻEK S. M. ...  
Zakładu Narutowego im. Łososińskich  
w Lwowie.

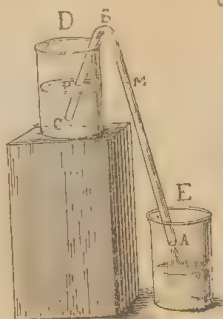
## §. 45. Lewar.

Ważmy rurkę szklaną zgiętą, jaką widzimy na rys. 74.



Rys. 74

Napełniamy ją wodą, zamykamy otwory  $A$  i  $C$  palcami i, odwróciwszy rurkę zgięciem  $B$  do góry, wstawiamy ją do naczyń  $D$  i  $E$ , jak pokazuje rys. 75. Odejmujemy palec od otworu  $C$ , zanurzonego w wodzie w naczyniu  $D$ ; ale drugi palec trzymamy na otwo-



Rys. 75

rze  $A$ , znajdującym się w powietrzu. Wówczas ciecz w rurce  $CBA$  znajduje się w równowadze. Wyobraźmy sobie miejsce  $P$

wewnątrz rurki  $CB$ , leżące w poziomie, na którym stoi ciecz w naczyniu  $D$ . Wyobraźmy sobie drugie miejsce  $M$ , leżące znów w tym samym poziomie, ale w kolanie  $BA$ . Powiadamy, że ciśnienie w cieczy w miejscach  $P$  i  $M$  jest jednakowe. Rzeczywiście:  $P$  i  $M$  leżą w tym samym poziomie, zatem ciśnienie w nich musi być jednakowe, tak samo, jak jest jednakowe na kwadracik  $a$  w § 56 (rys. 56) i na kwadraciki sąsiednie. Wprawdzie kwadraciki, sąsiadujące ze sobą w § 57, ~~rys. 52~~, leżały tuż obok siebie w jednym naczyniu, tu zaś  $P$  i  $M$  łączą się tylko przez rurę  $PBM$ ; ale to nie stanowi różnicy, skoro ciecz ma własność roznoszenia na wszystkie strony działającego w nich ciśnienia (§ 65). Wiemy teraz, że w  $P$  działa ciśnienie atmosferyczne, skoro ciecz w naczyniu  $D$  dokoła znajduje się na otwartym powietrzu. A zatem powiadamy: w miejscu  $M$  działa także ciśnienie atmosferyczne. W miejscu  $A$ , gdzie ciecz, działa to samo ciśnienie, nadto jeszcze przewyżka ciśnienia, odpowiadająca różnicy poziomów  $M$  i  $A$ , czyli nadto jeszcze ciężar kolumny  $MA$  cieczy. Obie te siły razem wzięte: ciśnienie atmosferyczne i ciężar kolumny  $MA$ , równoważymy oporem palca.

Odejmijmy teraz palec od otworu  $A$ ; wówczas na powierzchnię cieczy w  $A$  działa ciśnienie otaczającego powietrza czyli atmosferyczne. Rozumiemy łatwo, że kolumna  $MA$  nie może teraz pozostać w równowadze. Od góry działają na nią dwie siły: ciśnienie atmosferyczne i jej własny ciężar; od dołu działa tylko ciśnienie atmosferyczne. Woda musi popłynąć na dół.

Przyrząd tu opisany nazywa się *lewarem*; służy do przelewania jakiegobądź cieczy z naczyń wyżej położonych do położonych niżej bez poruszenia ich z miejsca.



Zakładu Narosowego im. Ossolińskich  
w Lwowie.

### § 96. Jak można zważyć powietrze.

Wiemy z § 84-go, że powietrze ma ciężar. Przy pomocy pompy pneumatycznej, dokładnej wagi oraz bani szklanej z kurkiem /rys.75/ możemy zważyć pewną objętość powietrza. Za pomocą pompy wyciągamy powietrze z

bani; następnie, zamknawszy kurek, zawieszamy banię na wadze i równoważymy ją śrótem lub ręką. Nareszcie otwieramy kurek i dokładamy tyle ciężarków, ile potrzeba do przywrócenia równowagi. Dołożymy w tym celu 1-2 grama, jeśli bania aż do kurka ma 1 litr objętości. Zatem rzeczywiście: litr

*stanowiącego nową powietrzną (porównajcie ją z cięciem jednej atmosfery) waży 1.2 grama.*

Powietrze ma zatem ciężar stosunkowo dość znaczny. Duży pokój może mieć długości i szerokości ~~np.~~ po 5 m, a wysokości 4 m; w takim razie zawarte w nim powietrze waży 120 kg. Litr wody waży kilogram, zatem zwykłe powietrze jest około 833 razy mniej ciężkie niż woda, t. j. ma ~~ciężar~~ 833.

*ciężar właściwy*

### § 97. Powietrze usuwa wyprzeć ciało w niem zanurzone.

Wiemy z § 78-go, że ciało zanurzone w wodzie traci pozornie na ciężarze; minowicie traci tyle, ile waży woda wyparta przez ciało. Zapytujemy: czy ciało zanurzone w powietrzu doznaje w niem podobnej straty pozornej? Czy do powietrza stosuje się zasada Archimedesza? Aby odpowiedzieć na te pytania, weźmy do pomocy małą ważkę /rys.90/, na której równoważymy lekką /pustą w środku/ kulę ciężarkami lub śrótem. Zrównoważyliśmy kulę w powietrzu. Jeżeli zatem ciało zanurzone w powietrzu doznaje parcia do góry, równego ciężarowi wypchniętego powietrza, kula /która ma objętość większą niż ciężarki/ doznaje większego parcia niż one. A zatem kula w rzeczy samej musi być cięższa niż ciężarki; równoważy się z niemi w powietrzu jedynie dzięki pomocy parcia którego doznaje od powietrza. Rzeczywiście: wstawmy ważkę pod dzwonek pompy pneumatycznej i wyciągnijmy powietrze; zobaczymy, że strona ważki, po której wisi kula, przechyla się ku dołowi.









Zakład Narodowy im. Ossolińskich  
we Lwowie





1604

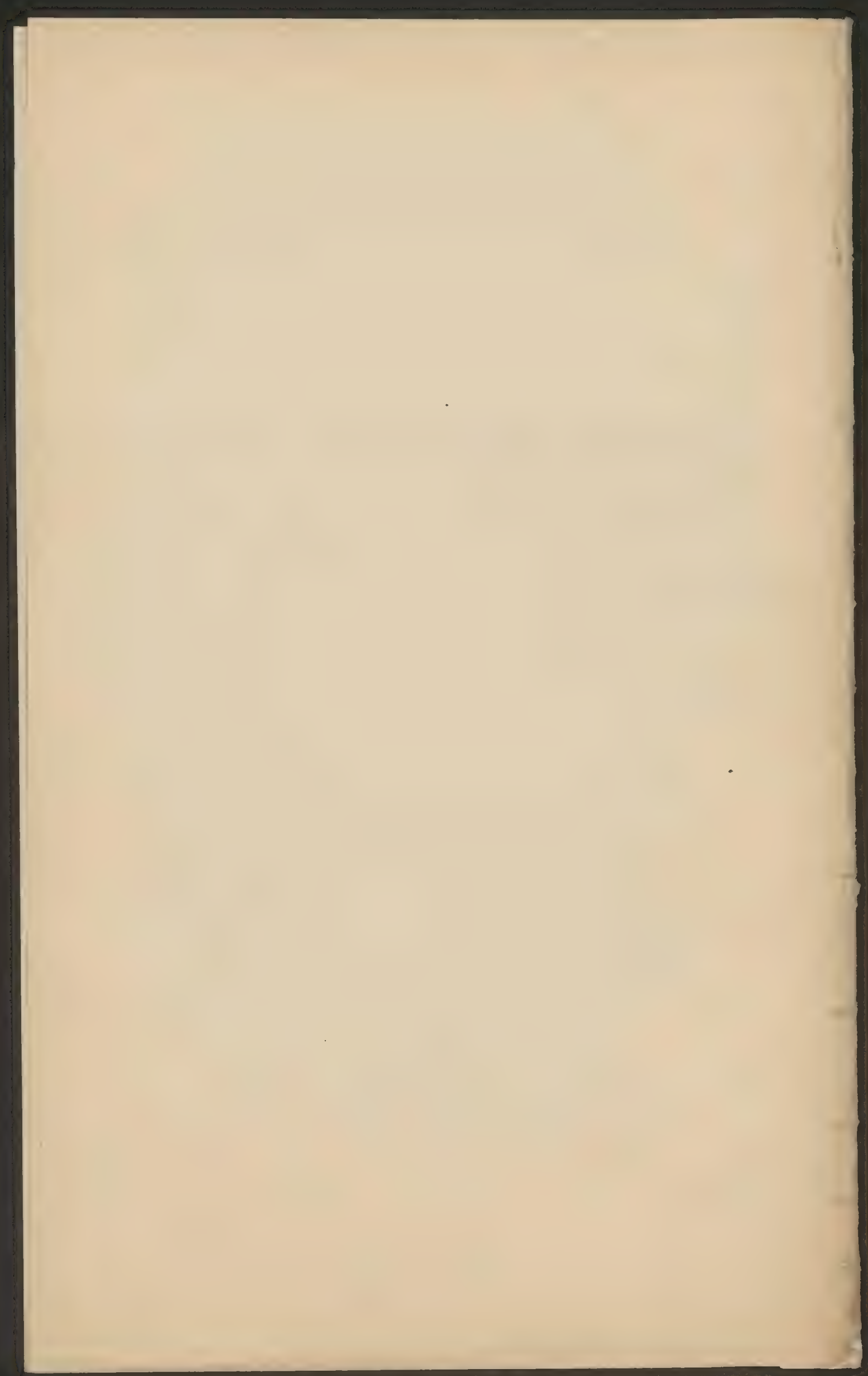
76 L



WYDAWNICTWO KSIĄZEK SZKOLNYCH  
Zakładu Narodowego im. Ossolińskich  
we Lwowie.









154

WYDAWNICTWO KSIĄŻEK SZKOLNYCH  
ZAKŁADU NAR. IM. OSSOLIŃSKICH  
WE LWOWIE

Adres tel.: Ossolineum — Lwów.

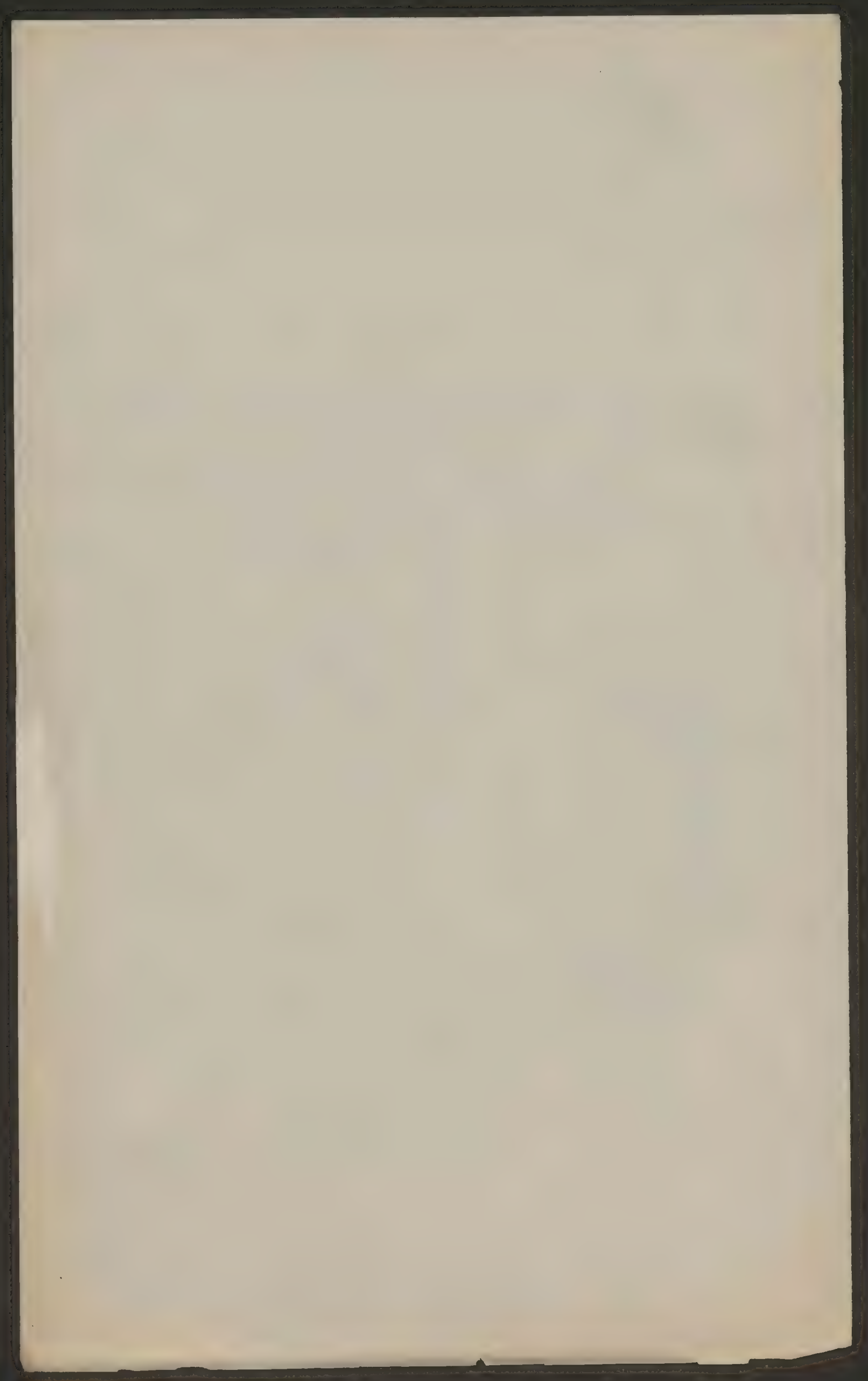
Konto P. K. O. Nr. 112.942.

Tel. 524.

L. ....

Rodzina II





REDZIA THEZEL.

fulach. gossie.

108

1. Much more detailed than the first.

Wtedy pnieś nogę do góry, lub kiedy kłonię,  
wstań, biegnij ku ziemi, wstań, że wszystkie części  
pnieży albo kłonię uczestnił w ruchu. Takimi zja-  
wiskami ruchu zajął się też w pierwszym rozdzia-  
le tej książki.

~~Priloga~~ si, nikada; ima sjaćku ruku, zugežne  
od čamara podajju. Nije, očiš jak, razklati, pokušuje.  
iz sič burila, dury s, težnje, jedn, krasija rok.92.

Można przypisać taką  
sympację, ponieważ stara nie  
dratowała się z młodszą  
bratową.

Do dwódnastki, które o-  
siedzi, potrzeba uważać: o 6 godzinie słucha 3 mistrów. Dobrze  
jest także być słuchającym o godzinie 8 i 9, surze  
o 10 godzinie słuchać 4 i 5 mistrów 7 i 8 godzinie  
i 9 godzinie słuchać 3 mistrów 10 i 11 godzinie 2 mistrów.

W tym czasie, jak pisało pismo. W Uderzeniu  
też w końcu z wotkiem i z wotkiem, ale w czasie zachowa-  
nia si z wotkiem. W końcu, które uderzali, kilka pier-  
wszych uderzeń było w wotkiem; i tak, dawało skrzy-  
nie wotkiem, z wotkiem, z wotkiem, z wotkiem. Po chwili  
widział, że z wotkiem było wotkiem, z wotkiem, z wotkiem.

WYDAWNICTWO KSIĄŻEK SZKOLNYCH  
Zakładu Narodowego im. Ossolińskich  
we Lwowie.





WYDAWNICTWO KSIĄŻEK SZKOLNYCH  
Zakładu Narodowego im. Ossolińskich  
we Lwowie.





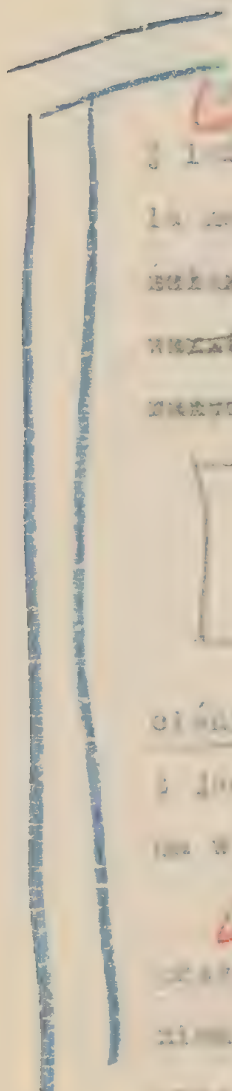
WYDAWNICTWO KSIĄŻEK SIEKULNYCH  
Zakładu Narodowego im. Ossolińskich  
we Lwowie.



Umieszczamy te kule blisko siebie,  
w szeregu, na głębokiej i poziomej  
podstawie, albo też umieszczamy kule,  
jak widać, co odpowiada rys. 96. na-  
chylamy pierwszą kulę i puszczamy  
ją swobodnie. Upadając, kula uderza

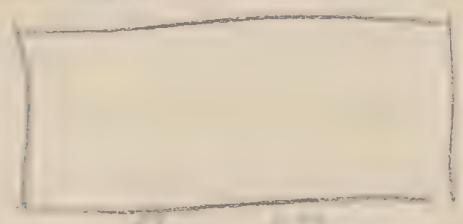
drugą, która jest na odległości określonej, wiele oddaje jej  
swój impuls. Druga kula odnosi to samo uderzenie trzeciej;  
i tak dalej. Po chwili wszystkie kule opadają. Kula ostat-  
nia przemieszcza się i pada na podłoże. W tym czasie  
cała kolumna jest już w ruchu, tak jakby kolumna się waliła i ciśnie  
na siebie do końca szeregu.

§ 14. Jak kolumna się przemieszcza.



Przedstawiamy sobie, w skończonym szeregu

1 kulę, w której cała kolumna. W chwili, w której fa-  
la uderzenia chodzi, to kolumna przemieszcza się z prędkością  
wielką. Prędkość przemieszczania się kolumny jest  
wielką stałą. Prędkość przemieszczania się kolumny jest  
wielką stałą. Prędkość przemieszczania się kolumny jest  
wielką stałą.



się śmiać. W chwili chwili  
cała kolumna przemieszcza się  
z prędkością. Ta prędkość  
jest określona prędkością

prędkości, w której przemieszcza się kolumna: przez prędkość  
i prędkość przemieszczania się kolumny, a także przez prędkość  
całą kolumnę z prędkością przemieszczania się kolumny.

Widzimy jednak, że kolumna przemieszcza się z prędkością, że  
prędkość przemieszczania się kolumny jest określona przez prędkość  
prędkości przemieszczania się kolumny, że ta prędkość jest większa;  
prędkość przemieszczania się kolumny jest większa. Prędkość przemieszczania się kolumny

WYDAWNICTWO KSIĄŻEK SZKOLNYCH  
Zakładu Narodowego im. Ossolińskich  
we Lwowie.





ANJAY. W. S. 1880  
Zakynthi Harbortweg. 1880  
we L. W. W. S.

między kolejnymi ławami naszymi uderzeniami przypadają odstępy czasu stałe, które nazywamy okresami tej fali. Wózek zjawiamy nazywamy wówczas rozchodzeniem się przewodowej albo okresowej fali ściśnięć w sprężynie.

Przechodząc ku sobie skrajne skrajki sprężyny w stałych odstępach czasu, możemy z niej wytworzyć, zupełnie podobnie, przewodową albo okresową falę rozciągającą, o pewnej długości fali i o pewnym okresie.

Przechodząc natomiast jeszcze w stałych odstępach czasu, otrzymamy skrajki. Przechodząc ją u końca 1; po uderzeniu sekundy wyciągnijmy ją tego samego końca; po uderzeniu drugiej sekundy ściśnijmy ją znów, po uderzeniu trzeciej znów ją wyciągnijmy. I k znowu przechodźmy dalej. Wzrost ściśnięć i rozciągających, jednego za drugim, pojawia się wózek przez sprężynę. Przechodźmy, że rozchodzi się z niej przewodowa albo okresowa fala ściśnięć i rozciągających. Przez tej fali wynosi sekundą, jej długość równa się drodze, którą fala przebywa w przeciągu sekundy.

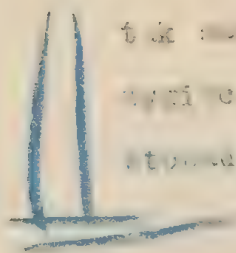
§ 106. Fale podłużne oraz poprzeczne.

Wierząc namie koniec 1 drucika 1 (rys. 72) wytworzymy z niej falę ściśnięć. W pierwszej chwili 1 drucika każdy skrajny 1 przesuwa się, w kierunku wierzchoła, więc w tym samym kierunku, w którym 1 drucik 1 przesuwa się. Jeżeli przechodźmy ku sobie skrajne skrajki sprężyny, wytworzymy falę rozciągającą, w pierwszej chwili 1 drucika każdy skrajny 1 przesuwa się wówczas w kierunku przeciwnym, zatem przechodźmy przeciwnie do kierunku, w którym fala przebiega 1 drucika. Takie fale nazywamy podłużnymi. Jeden cząstek ciała jest w nich zgodny z kierunkiem poruszania się fali albo też jest przeciwny.

Przypomnijmy sobie falę wywołaną sznurze /111/. Ta fala jest widocznie poprzeczna. Wierzenie nasze w tym razie było skierowane prostopadle do długości sznura;



WYDAWNICTWO KSIĄŻEK STOLNICH  
Zakładu Narodowego im. Ossolińskich  
we Lwowie.



tak samo silnie, jak w powietrzu, a więc i w ciele. Inni uważają, że dźwięk, który słyszymy, jest spowodowany przez drgania ciała, które go wywołują.

### §107. Powstawanie głosu.

Uderzmy brzeg dzwonu lub pociągnijmy po nim smyczkiem; słyszymy głos. Skąd głos powstaje? Możemy łatwo dowiedzieć, że dzwon *drga*, dopóki głos się rozlega. Czujemy drganie dzwonu, dotykając go ostrożnie palcem lub ustami; jeśli dotkniemy za mocno, stłumimy drganie i zaraz też umilknie głos, który słyszymy. Zbliżajmy lekko wahadełko (rys. 98) do dzwonu, wydającego głos; będzie ono odskakiwało, potrącając raz wraz przez drgający dzwon. Struna dźwięcząca podrzuca lekkie skrawki papieru czyli „koniki“, które pozawieszaliśmy na niej; wygląda też jakby grubsza, dopóki wydaje głos. Widzimy więc, że każde ciało *drga*, gdy wydaje głos.



Rys. 98

(§ 39.)

### §108. Głos rozchodzi się w powietrzu.

Jeśli drgający dzwon znajduje przed sobą palec, uderza palec; jeśli spotyka wahadełko, uderza wahadełko; a że zazwyczaj znajduje przed sobą powietrze, więc uderza powietrze, t. j. ścisną czyli zgęszcza pierwszą, przylegającą warstwę powietrza. To ściśnięcie czyli zgęszczenie udziela się dalej, jak w sprężynie (rys. 99), jak w rurce (rys. 88.) i tym sposobem w powietrzu rozchodzi się pierwsze zgęszczenie. Ale tymczasem dzwon, odbywając drugą część drgania, poczyną się cofać i pociągać za sobą czyli rozrzedzać pierwszą przylegającą warstwę powietrza; tym sposobem w powietrzu rozchodzi się pierwsze rozrzedzenie, które biegnie tuż za pierwszym zgęszczeniem, podobnie, jak biegło za nim w sprężynie, w której rozchodzi się fala. Dzwon jednak, ukończywszy pierwsze wachnięcie, rozpoczyna drugie, przez co znów poczyną zgęszczać warstwę przylegającego powietrza, t. j. wysyła drugie zgęszczenie. Zupełnie podobnie wysyła następnie drugie rozrzedzenie, następnie trzecie zgęszczenie, trzecie rozrzedzenie, i t. d. Od dzwonu pobiegnie więc w każdym kierunku fala podłużna w powietrzu, złożona ze zgęszczeń i rozrzedzeń, kolejno za sobą idących; a że taka fala pobiegnie w każdym

~ ~ ~ ~ ~

(§ 39.)

WYDAWNICTWO KSIĄŻKI  
Zakład Narodowy im. Kopernika  
we Lwowie



kierunku, utworzy się więc fala *kulista*, w której postępujące zgęszczenia i rozrzedzenia mają kształt powierzchni kulistych; podobnie po powierzchni wody wstrząśnienia rozbiegają się w postaci kręgów czyli kół.

Gdy fala, biegnąca w powietrzu, dojdzie naszych uszu (lub dokładniej naszego nerwu słuchowego), wówczas słyszymy *głos*. Istotnie też nie słyszymy wcale głosu dzwonka, zawieszonego wewnątrz bani szklanej, jeśli z tej bani wyciągniemy powietrze. Zatem powiadamy: gdy słyszymy głos, wtedy poza obrębem naszej osoby odbywa się tylko *ruch* pewnego rodzaju mianowicie *falowanie powietrza*. Głos, który słyszymy, jest naszym *wrażeniem*, wywołanem przez to falowanie, podobnie jak ból, którego doznajemy, gdy ktoś uderzył nas laską, jest naszym *wrażeniem*, wywołanem przez ruch laski i jej uderzenie

#### §109. Energia falującego powietrza.

Powietrze, w którym rozchodzi się głos, odbywa pewien *ruch*, a więc musi mieć dzięki temu pewną *energię*. Istotnie: gdy strzelają z armat lub gdy rozlega się huczna muzyka, szyby w oknach drżą czyli „dzwonią”. Skutkiem bardzo potężnych wybuchów powstaje huk tak straszny, że pod naciskiem falującego powietrza szyby pękają, ściany się załamują, a ucho ludzkie, jeśli znajduje się na drodze, łatwo może uleść uszkodzeniu. Falowanie powietrza może więc wykonać pracę; powietrze, w którym rozchodzi się głos, ma tem samem pewną energię. Powiadamy, że głos jest *słaby* albo *cichy*, jeśli falowanie roznoszącego go powietrza posiada energię nieznaczną; jeśli przeciwnie energia falowania jest znaczna, mówimy, że głos jest *mocny*, *głośny*, *dochośny*. Od energii falowania zależy więc własność głosu, zwana *natężeniem*.

#### §110. Prędkość rozchodzenia się głosu.

W zwykłym powietrzu fale rozchodzą się z prędkością 340 m na sekundę. ~~Te znaczy, że~~ jeżeli powietrze pocnie falować w jakimkolwiek miejscu, wówczas faluje ono o 340 m dalej od tego miejsca po upływie jednej sekundy. A zatem i głos w zwykłym powietrzu rozchodzi się z prędkością 340 m na sekundę. Niechaj jedna osoba A stanie w miejscu widocznym, np. na małym wzniesieniu; druga osoba B niechaj oddali się od niej o 340 metrów. Przypuśćmy, że A uderza młotem w dzwon lub też rąbie drzewo, podnosząc za każdym razem młot czy siekierę wysoko do góry; B zobaczy wówczas ruch ręki o całą sekundę wcześniej, zanim usłyszy głos, powstający

1 mija

Handwritten text, possibly a signature or date, centered on the page.

z uderzenia. Albo też przypuśćmy, że osoba A w porze nadej  
strzela z pistoletu; błysk wystrzału dobiega osoby B wcześ-  
niej niż huk. W obu razach odbijanie się wrażenia słowno-  
wego w porównaniu do warstwowego, pochodzi z przyczyn takich  
stąd, iż światło biegnie niezmiernie szybko /jak o tem  
powiecie w rozdziale rozdziale/, dźwięk natomiast znacznie po-  
wolniej, a przetoś tylko 340 m na 1 sekundę. Za pomocą  
obliczeń takich jak te, w których w tej chwili jesteśmy,  
możemy wyliczyć dokładnie prędkość rozchodzenia się głosu  
w powietrzu.

Gdy piorun uderza, spostrzegamy błyskawicę prawie na-  
tychmiast po uderzeniu, grzmot zaś zazwyczaj słyszymy do-  
piero o parę sekund później; albowiem, jeśli uderzenie nastą-  
piło n. p. w odległości 1 km od nas, głos zużywa blisko 3 se-  
kundy na przebieżenie w powietrzu tej odległości.

✓ and

#### § 119. Jeszcze o sposobie rozchodzenia się głosu w powietrzu.

Z poprzedzającego artykułu wnosimy ponownie, że roz-  
chodzenie się głosu polega na rozchodzeniu się pewnego  
wstrząśnienia w powietrzu, a nie na rozchodzeniu się samego  
powietrza. Gdy strzelimy z armaty, głos czyli wstrząśnienie  
powietrza znajduje się już po upływie sekundy w odległości  
340 m od miejsca wystrzału; tymczasem dym, wyrzucony  
z armaty, znajduje się po upływie sekundy w odległości za-  
ledwie kilku metrów od wylotu działa. Wyobraźmy sobie gęsty  
tłum ludzi; posłaniec zdoła (z trudnością tylko) i powoli poru-  
szać się naprzód w tym tłumie; tymczasem list, podawany  
z rąk do rąk, albo wiadomość, podawana z ust do ust, biegnie  
w nim z wielką prędkością. Podobnie pewna ilość powietrza  
lub dymu przeciska się ~~przez~~ stosunkowo powoli przez  
otaczające powietrze; ale wstrząśnienie powietrza, podawane  
z warstw do warstw, rozbiega się w niem z ogromną prędkością.

#### § 120. Rozchodzenie się głosu w ciałach stałych.

Fala podłużna może biec przez każde ciało sprężyste,  
a zatem i głos może rozchodzić się w każdym ciele sprężystym.  
Połóżmy n. p. zegarek na końcu długiego stołu; nie słyszymy





chodu zegarka przez powietrze, tymczasem, przyłożywszy ucho do drugiego końca stołu, słyszymy go wyraźnie. Połączmy dwa lekkie pudełka drewniane zapomocą sznurka. Niechaj ktoś z jednym pudełkiem odejdzie na odległość kilku lub kilkunastu metrów, aż się sznurek wypręży, i niechaj mówi do pudełka, nie podnosząc głosu; nie usłyszymy mowy przez powietrze, ale usłyszymy ją, przyłożywszy ucho do drugiego pudełka. Stukanie o słup telegraficzny słychać wyraźnie w słupie sąsiednim; górnicy mogą porozumiewać się ze sobą pukaniem przez ogromne pokłady węgla lub innych minerałów.

### § 108. Rozchodzenie się głosu w cieczach.

Głos może również rozchodzić się w cieczach. Zanurzywszy duży dzwon metalowy do rzeki lub stawu, uderzajmy go pod wodą zapomocą stosownego młotka. Można wówczas słyszeć głos dzwonu nawet na stosunkowo znacznej odległości, posługując się rurą lejkowatą, jaką wyobraża rys. 99. Energia



Rys. 99.

fal głosowych, rozchodzących się w wodzie, udziela się powietrzu, zawartemu w rurze  $UB$ , przez pośrednictwo błony sprężystej  $B$ , którą otwór  $B$  jest mocno obwiązany; do drugiego otworu  $U$  przykładamy ucho. Wyobraźmy sobie, że wykonano to doświadczenie w sposób następujący: młotek, uderzający o dzwon, jest tak urządzony, że w chwili każdego uderzenia wysyła jakikolwiek sygnał świetlny, n. p. zapala nieco prochu i sprawia tym sposobem lekki i nagły błysk za każdym uderzeniem. Stuchając (zapomocą rury  $UB$ ) bicia dzwonu przez wodę, możemy wówczas jednocześnie widzieć sygnały dawane przez młotek w chwilach kolejnych uderzeń. Przypuśćmy, że odległość pomiędzy dzwonem a rurą  $UB$  w linii prostej wynosi 340 m. Przekonalibyśmy się wówczas, że głos dzwonu dochodzi nas już po upływie mniej niż ćwierci sekundy. A zatem głos biegnie w wodzie przeszło 4 razy prędzej, niż w powietrzu. W ciałach stałych głos rozchodzi się z jeszcze większą prędkością.

*ponieważ dźwięk  
nie może przysięgać  
(s. 62)*





### § 142/ O odbijaniu się fal.

Umocujmy jeden koniec długiej sprężyny (rys. 85) zupełnie nieruchomo, przytwierdźmy go n. p. do ściany i spróbujmy z drugiego końca wzbudzić w sprężynie falę. Fala powstaje, przebiega sprężynę, lecz gdy dojdzie do ściany, zawraca i biegnie po sprężynie napowrót. Jak piłka, rzucona o ścianę, odskakuje i biegnie napowrót, tak fala w sprężynie cofa się od ściany; powiadamy, że fala *odbija się* od ściany. Podobnie mogą odbijać się fale w powietrzu; ściany budynków, skały w dolinie, brzegi gęstego lasu odbijają fale w powietrzu i dlatego *odsyłają* głos. Powierzchnia wody odbija również głos; na jeziorze lub stawie słysząc mowę lub śpiew dalej, niż na lądzie. *Ciała* miękkie i porowate, jak tkaniny, kobierce i t. p., *tlumią* głos, ponieważ odbierają energię falowania powietrza, które obficie w sobie zawierają; same zaś nie są dość sprężyste, żeby wysyłać nowe fale.

### § 143/ Odgłos.

Głos przebiega w powietrzu 340 m w ciągu sekundy. Przypuśćmy, że stoimy pod ścianą, odbijającą głos doskonale, w odległości (dajmy na to) 3 m od niej. Jeśli wymówimy n. p. „a”, głos, który wydaliśmy, pobiegnie ku ścianie, odbije się i powróci do nas w ciągu  $\frac{1}{17}$ -ej części sekundy, albowiem tyle czasu potrzeba fali do przebycia 6 m w powietrzu. Ale samo wymówienie „a” trwa od  $\frac{1}{6}$  do  $\frac{1}{10}$  części sekundy mniej więcej. A zatem odbijanie się głosu od ściany blizkiej może wzmacniać lub nieco przedłużać brzmienie, lecz nie wytwarza *echa* lub *odgłosu* czyli głosu wyraźnego, odosobionego, powstającego przez odbicie. Echo powstaje, kiedy głos odbity powraca do miejsca wydania nie tylko po rzeczywistym skończeniu się pierwszego głosu, ale i po jego przebrzmieniu w uchu.

### § 144/ Głos urywany, głos ciągły.

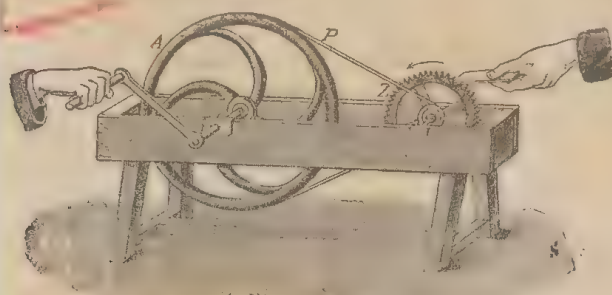
Jeśli uderzymy laską o podłogę, powstaje głos krótki, urywany, który nazywamy stuknięciem. Przypuśćmy, że stukamy laską raz po raz, n. p. trzy razy w ciągu każdej sekundy; słyszymy wówczas wyraźnie każde uderzenie z osobna. Spróbujmy teraz stukać coraz częściej; wówczas jest trudniej po-

✓ *antykron*

*Głoski*

WYDAWNICTWO KSIĄŻKOWE  
Zakład Narodowy im. Ossolińskich  
we Wrocławiu.

chwycić każde uderzenie z osobna. Poręcze na moście lub na schodach składają się często z gęstego szeregu prętów żelaznych; biegnijmy wzdłuż takiej poręczy i prowadźmy po niej koniec laski. Uderzenia następują tak szybko po sobie, że nie odróżniamy już każdego z osobna, lecz słyszymy, *głos ciągły*. Doświadczenie to wykonamy lepiej przy pomocy koła zębat-



Rys. 91.

tego Z (rys. 91.); można obracać je bardzo prędko, poruszając koło A, które przenosi ruch na koło Z przy pomocy pasa P. Przyłożmy metalową blaszkę lub kartę tek-

tury do zębów koła Z; każdy ząb, przechodząc, będzie ją uderzał. Obracając powoli, słyszymy każde uderzenie z osobna; obracając prędkiej, słyszymy głos ciągły, w którym rozpoznać przerw nie jesteśmy w stanie. Przypuśćmy, że na kole Z znajduje się 60 zębów. Jeśli obracamy tak powoli, że koło to wykonywa jeden obrót w przeciągu dwóch sekund, wówczas karta otrzymuje 30 uderzeń w ciągu jednej sekundy. Przekonamy się, że to jest mniej więcej granica, gdzie pojedyncze uderzenia łączą się w głos ciągły; obracając powolniej, słyszymy urwane głosy kolejnych uderzeń; obracając prędkiej, słyszymy głos ciągły, bez przerw, czyli jednolity.

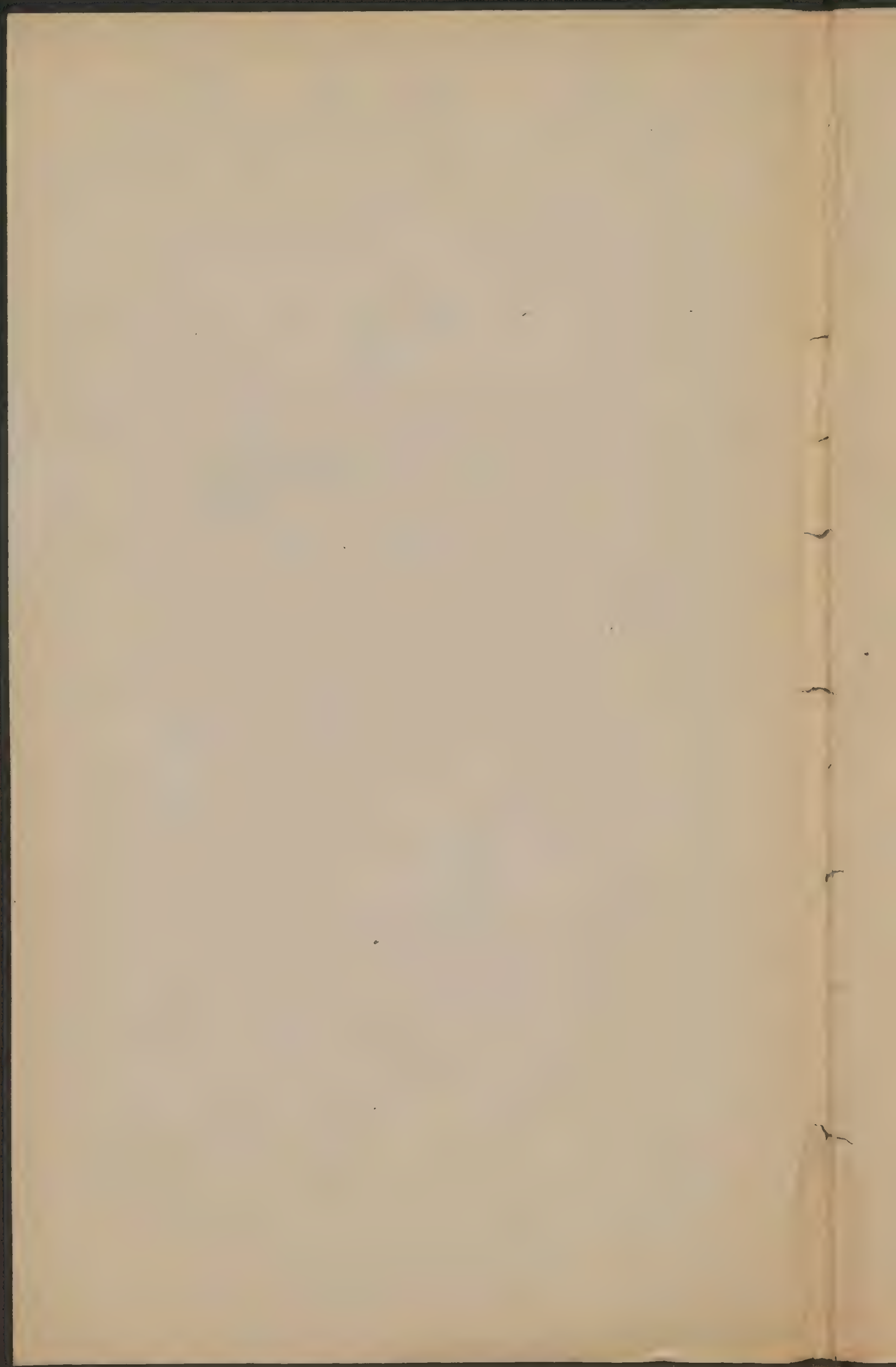
#### § 105. Dźwięk; głosy bezładne.

Jeśli zęby na kole Z (rys. 91.) są równe i jeśli obracamy koło jednostajnie, wówczas kolejne uderzenia nie łączą się w bezładny hałas i brzękanie, lecz tworzą *dźwięk* czyli głos równy, stały; taki głos wydają też instrumenta muzyczne, taki wydajemy, śpiewając lub wymawiając samogłoski. A zatem dźwięki powstają z wstrząśnięć równych i regularnych, t. j. powtarzających się w równych odstępach czasu. Przeciwnie, wszelkie inne głosy (brzęk, trzask, stukanie, pukanie) powstają z uderzeń krótkich, niejednakowych i nieregularnych.



Wydawnictwo  
Zakład Narodowy  
we Lwowie.

Rozdział V





154

115

R O S E S I A L E D I F F E R

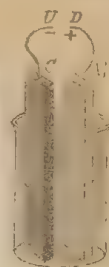
01011600000000

WYDAWNICTWO KSIĄŻEK SZKOLNYCH  
Zakładu Narodowego im. Ossolińskich  
we Lwowie.

o elektryczności.

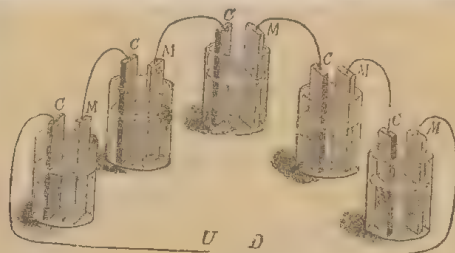
§ 165. Ogniwo elektryczne.

Weźmy dwie blaszki: cynkową *C* i miedzianą *M*, do których przylutowano po kawałku drutu; wstawmy je do wody, zakwaszonej, jak okazuje rys. 160. Nazywamy taki przyrząd *ogniwem elektrycznem*; koniec *D* drutu, idącego od miedzi, nazywamy *biegunem dodatnim (+) ogniwa*; koniec *U* drutu, idącego do cynku, nazywamy *biegunem ujemnym (-)*.



Sobuszymi niebawem, że ogniwo elektryczne może być źródłem prądu nieprzerwanego, który nie ulegałby żadnym z powyższych przeszkód. Zjawisko to nazywamy *prądem elektrycznym*. Rys. 161.

Aby zapoznać się z nim, musimy zobaczyć się z tym, który powoduje prąd, czyli napięcie ogniwa.



Rys. 162

Zbudujmy kilka lub kilkanaście ogniw i połączmy je ze sobą tak (rys. 110.), ażeby biegun dodatni pierwszego ogniwa

łączył się z ujemnym drugiego, dodatni drugiego z ujemnym trzeciego, dodatni trzeciego z ujemnym czwartego i t. d.; taki zbiór ogniw nazywamy *elektryczną baterją*. Na krańcach baterji pozostają swobodne dwa bieguny *D*, *U*; zachowują się one, jak bieguny jednego ogniwa, tylko mocniejszego, niż pojedyncze ogniwo. Powiadamy, że *baterja elektryczna* jest jakby jednym ogniwem o wielkiej mocy czyli o wysokim *napięciu*. Im więcej ogniw połączymy w opisany sposób ze sobą, tem wyższe będzie napięcie baterji.



WYDAWNICTWO KSIĄŻEK SZKOLNYCH  
Zakładu Narodowego im. Ossolińskich  
we Lwowie.

117  
163.

§ 166. Kondensator. Elektroskop.

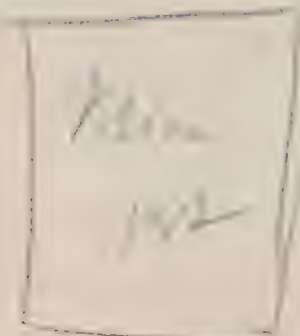
Potrzeba nam teraz przyrządu, który może przechowywać i nagromadzać elektryczne działania ogniwa albo baterji. Zadanie to spełnie kondensator, wyobrażony na rys.123-im.



Kondensator składa się z dwóch płyt metalowych /rys.123/, zaopatrzonych w szklane rękojeści; płyty te leżą na sobie, oddzielone cienką warstwą lakieru, wosku albo poprostu papieru.

Łączymy matelalcicznie, np. za pomocą drutów metalowych, jedną płytę kondensatora /powiedzmy górną/ z dodatnim biegunem baterji, drugą zaś /dolną/ z biegunem ujemnym. Odłączamy następnie druty od płyt, nie dotykając bezpośrednio ręką ani pierwszych ani drugich; możemy dopomóc sobie w tej czynności pręcikami szklanymi lub pałeczkami kauczukowymi. Trzymając rękojeści, rozsuwamy płyty kondensatora i badamy ich stan, ich własności.

Uskuteczniamy to badanie za pomocą elektroskopu, który widzimy przedstawiony na rys.124-ym. W szyjce bańki szklanej PA znajduje się korek, przez który przechodzi ~~pręt~~ pręt ~~xx~~ metalowy CD; na tym pręcie wiszą dwa cieniutkie listki pozłótki AC, BC.



Przed zetknięciem z płytą kondensatora listki AC, BC wiszą obok siebie pionowo, zupełnie spokojnie. Skoro tylko dotkniemy kulki D górną płytą kondensatora,

listki rozchylają się/ jak na rysunku/ i pozostają przez dłuższy czas odchylone od siebie, nawet i wówczas, gdy płytka została oddalona. Jeślibyśmy





118  
164

3

dotknęli kulki D dolną płytą kondensatora, spostrzeglibyśmy zupełnie podobne zachowanie się listków. Ono świadczy o tem, że listki odpychają się, że wywierają na sobie nawzajem siły odpychające, których nie wywierały przed dotknięciem płyty. Takie siły nazywamy elektrycznymi; powiadamy, że listki, jeżeli wywierają siły elektryczne, znajdują się w stanie elektrycznym czyli są naelektryzowane. Mówimy również o płytach kondensatora, że są naelektryzowane, ponieważ one przez pośrednictwo pręta CD udzieliły listkom nowych własności, wprowadziły je w stan, którego listki przedtem nie okazywały. A ponieważ płyty kondensatora zostały naelektryzowane przez metaliczne zetknięcie z biegunami baterji, przeto powiadamy ostatecznie, że i same bieguny baterji albo ogniwa znajdują się w stanie elektrycznym czyli są naelektryzowane.

#### § 167. Przewodniki i izolatory.

Widzieliśmy, że naelektryzowanie biegunów baterji udziela się płytom kondensatora za pośrednictwem metalowych drucików; naelektryzowanie płyt udzielało się listkom, podobnie, za pośrednictwem metalowego pręta CD elektroskoku. Z tego powodu mówimy, że metale przewodzą stan elektryczny; lub że są elektrycznymi przewodnikami.

Dotknijmy kulki D naelektryzowanego elektroskoku dłoni, albo połączmy kulkę metalicznie z prętem żelaznym, tkwiący w ziemi; zauważymy, że rozchylenie listków ginie natychmiast. Ciało ludzkie oraz ziemia wilgotna są zatem przewodnikami elektrycznymi; odprowadzały one stan elektryczny do kuli ziemskiej, w której on gubi się i znika.

Dotknięcie kulki D prętem szklanym, pałeczką laku, kau-



165.  
119

czuku albo ebonitu nie sprawia takich skutków; rozchylenie listków trwa po dotknięciu. Dlatego mówimy, że szkło, lak, kauczuk, ebonit /i podobnie kalafonia, bursztyn, jedwab, porcelana, papier/ są złemi przewodnikami elektrycznymi czyli izolatorami.

Powietrze jest oczywiście izolatorem; gdyby nim nie było, nie bylibyśmy mogli widocznie dokonać poprzednich doświadczeń w opisany sposób.

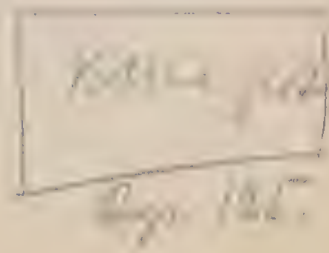
#### § 168. Przyciąganie się i odpychanie się elektryczne.

Ażeby wyrażać się krócej, mówimy, że płyta kondensatora, którą połączyliśmy z dodatnim biegunem baterji, elektryzuje się dodatnio; o drugiej płycie, połączonej z biegunem ujemnym, mówimy, że elektryzuje się ujemnie. Są to tylko umówione nazwy, którym nie przypisujemy w tej chwili głębszego znaczenia.

Z odchylania się listków elektroskopu naelektryzowanego bądź dodatnio, bądź ujemnie /§ 166/ wnosimy, że: ciała, naelektryzowane jednakowo, odpychają się. Zobaczymy, jak zachowują się ciała naelektryzowane niejednakowo czyli przeciwnie.

Rysunek 125. wyobraża metalową kulkę C, zawieszoną na izolującej /np. szklanej/ podstawie AB. Dotknawszy kulki C dolną płytą naelektryzowanego kondensatora, elektryzujemy ją ujemnie /§ 166/; płytka górna, naelektryzowana dodatnio, przyciąga wówczas kulkę C ku sobie. Tak samo zachowuje się kulka, naelektryzowana dodatnio, względem wszelkiego ciała naelektryzowanego ujemnie. Wnosimy zatem, że: ciała, naelektryzowane przeciwnie, przyciągają się.

Prosty przyrząd, wyobrażony na rysunku 125-ym /czyli t.zw. wahadło elektryczne/ daje więc możliwość







sprawdzania, jakiego znaku /albo rodzaju/ jest naelektryzowanie jakiegobądź ciała.

§ 169. Elektryczność; dwa jej rodzaje.

Wykonujemy teraz doświadczenie następujące. Elektryzujemy przedewszystkiem płyty kondensatora, tak samo jak to dawniej czyniliśmy /§ 166-ty/, mianowicie łącząc je metalicznie z biegunami baterji. Odłączamy następnie płyty od biegunów i wprowadzamy je ze sobą w bezpośrednie lub pośrednie metaliczne zetknięcie. Po takim zetknięciu płyty tracą natychmiast zdolność elektryzowania listków elektroskopu, odpychania albo przyciągania naelektryzowanego wahadełka itp.; innemi słowy, po zetknięciu ze sobą płyty są nie~~naelektryzowane~~ naelektryzowane, są rozbrojone, jak mówimy niekiedy czyli obojętne.

Ażeby dobrze zrozumieć wynik tego doświadczenia, przypuszcmy, że w ciele naelektryzowanem istnieje cóżś, co nam nie jest znane, cóżś, co sprawia stan elektryczny i wytwarza w ciele nowe i szczególne własności. To niewiadome cóżś niechaj nazywa się elektrycznością; dodatnią elektrycznością w ciele dodatnio naelektryzowanem, ujemną - w ujemnie naelektryzowanem. Przyjęcie takich nazw i wyrazów nie posuwa nas oczywiście ani na krok naprzód w zrozumieniu zjawisk elektrycznych; ale może skrócić i uprościć sposób mówienia o nich. Wynik opisanego przed chwilą doświadczenia możemy teraz tak wypowiedzieć: dodatnia i ujemna elektryczność okazują dążność do zbliżenia się ku sobie; skoro

WYDAWNICTWO KSIĄŻEK SZKOLNYCH  
Zakładu Narodowego im. Ossolińskich  
we Lwowie.



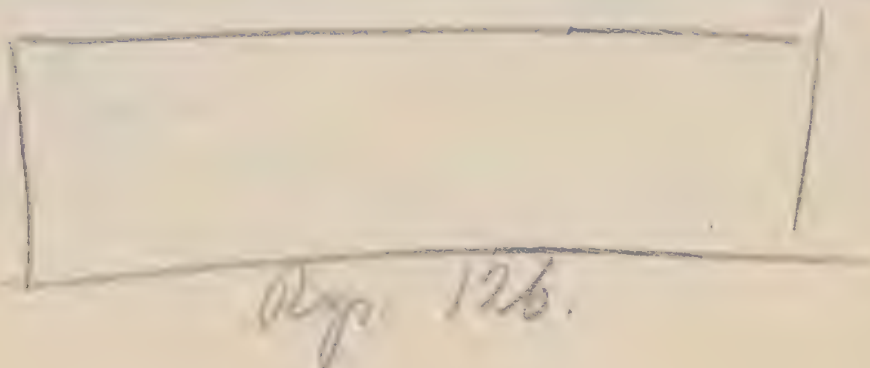
121  
157

tylko mogą to uczynić, łączą się ze sobą a wówczas znoszą się czyli zobojętniają się wzajemnie.

Widzieliśmy z poprzednich doświadczeń, że ciała, naelektryzowane przeciwnie /czyli równoimiennie/, przyciągają się nawzajem; to znaczy, że okazują dążność do wzajemnego zbliżania się ku sobie. Obecnie widzimy, że nie tylko ciała równoimiennie naelektryzowane, ale i same różnoimiennie elektryczności przyciągają się również i dążą ku sobie, chociaż same ciała, w których istnieją te elektryczności /np. płyty w naszym doświadczeniu/ nie poruszają się przytem wcale.

A zatem elektryczność może poruszać się w ciele /może przez ciało, a może po ciele/, jeżeli to ciało jest metalem lub wogóle przewodnikiem. W izolatorze elektryczność może istnieć, ale jest unieruchomiona, jest skrzepowana. Możemy naelektryzować jedno miejsce na pałeczki szklanej lub kauzukowej; tuż obok tego miejsca może nie być żadnego elektrycznego ładunku. Ale nie możemy tego sprawić w pręcie mosiężnym albo żelaznym. Cały pręt metalowy przybiera odrazu jeden /czyli jednakowy wszędzie/ stan elektryczny.

Widzieliśmy, że ciała naelektryzowane równoimiennie przyciągają się i że same elektryczności różnoimiennie przyciągają się również. Wiemy dalej z § 168-go, że ciała naelektryzowane jednoimiennie odpychają się. Nasuwa się zatem przypuszczenie, że elektryczności jednoimiennie odpychają się również. O słuszności tego domniemania przekonywamy się w następującem doświadczeniu. Przypuśćmy, że płyta CD



WYDAWNICTWO KSIĘŻKI  
Zakładu Narodowego im. Ossolińskich  
we Lwowie.

kondensatora /rys.126/ jest dodatnio naelektryzowana. Zbliżamy do niej nienaelektryzowany walec metalowy AB, umieszczony na szklanej nóżce, zatem izolowany. Badamy teraz stan tego walca AB, przy pomocy wahadełka /w/, które uprzednio naładowaliśmy dodatnio. Przekonywamy się, że koniec A walca przyciąga kulkę wahadełka elektrycznego w, koniec B ją odpycha. Zatem rozłana na CD elektryczność dodatnia musiała widocznie przyciągnąć ku sobie elektryczność ujemną walca AB aż do końca A, dodatnią zaś odpychnęła możliwie najdalej t.j. aż do B.

Jeżeli oddalimy płytę CD, ładunek ujemny w końcu A i dodatni w B są zwolnione i mogą podążyć ku sobie a zatem złączyć się ze sobą i zobojętnić. Walec AB istotnie okazuje się natychmiast nienaelektryzowanym czyli obojętnym.

Wyobraźmy sobie kulę miedzianą, w której znajdują się tylko dodatnie elektryczne ładunki. One odpychają się między sobą wzajemnie i starają się, jak tylko mogą, oddalić się od siebie. Widoczną jest rzeczą, że odpłyną na powierzchnię kuli i że się na tej powierzchni ułożą. Tam pozostaną, albowiem powietrze, będąc izolatorem, nie przepuści ich dalej. Przewodniki zatem, w stanie równowagi elektryczności, posiadają ładunki tylko na powierzchni.

#### § 170. Czem jest elektryczność.

Kto po raz pierwszy poznaje elektryczne zjawisko, zadaje sobie mimowoli pytanie: czem jest elektryczność, która sprawia tak dziwne objawy i skutki. Ale na to pytanie nie możemy dać odpowiedzi.

Żeby dobrze zrozumieć, dlaczego tak jest i być musi,





10  
169.

przypomnijmy sobie z codziennego doświadczenia naszego, w jaki sposób poznawaliśmy i wciąż poznajemy różne ciała, pospolitsze i radsze. W jaki sposób każdy z nas po kolei dowiaduje się, czym jest lód albo sól kuchenna, czym ołów, rtęć, platyna? Dowiadujemy się, co te wyrazy znaczą po prostu gdy zapoznaliśmy się z własnościami owych ciał. Kto poczuł, jak lód jest zimny, jak ołów jest ciężki; kto rozpuszczał sól w wodzie lub próbował jej smaku, kto przelewał rtęć z naczynia do naczynia lub posługiwał się platynowym tygielkiem, już nie zapytuje: czem są owe ciała. Poznał ich właściwości; ogół poznanych własności wytwarza w jego umyśle obraz ciała, który jest najlepszą /i wła/ściwie jedyną możliwą/ odpowiedzią <sup>na</sup> poprzednie pytanie.

Podobnie dzieje się w Fizyce, gdy badamy elektryczność. Im wszechstronniej poznajemy zjawiska elektryczne, im dokładniej wiemy, jakie są własności elektryczności, tem rzadziej i tem mniej natarczywie nasuwa nam się na myśl pytanie: czem jest elektryczność. Ogół wiadomości naszych o elektryczności daje nam bezpośrednią odpowiedź na owo dręczące pytanie.

Stąd widzimy, że poznanie elektryczności nie jest niczem innem niż jej zrozumienie.

#### § 171. Elektryczności nie umiemy tworzyć.

Widzieliśmy w artykułach poprzednich, iż wszystko tak się odbywa, jak gdyby w każdym ciele obojętnem /nienaelektryzowanym/ istniały obiedwie elektryczności: dodatnia i ujemna. Suma dodatniej i ujemnej elektryczności daje w ciele stan obojętny czyli elektrycznie żaden, podobnie jak w Algebrze suma liczb, przypuścmy  $+17$  i  $-17$  daje





170.

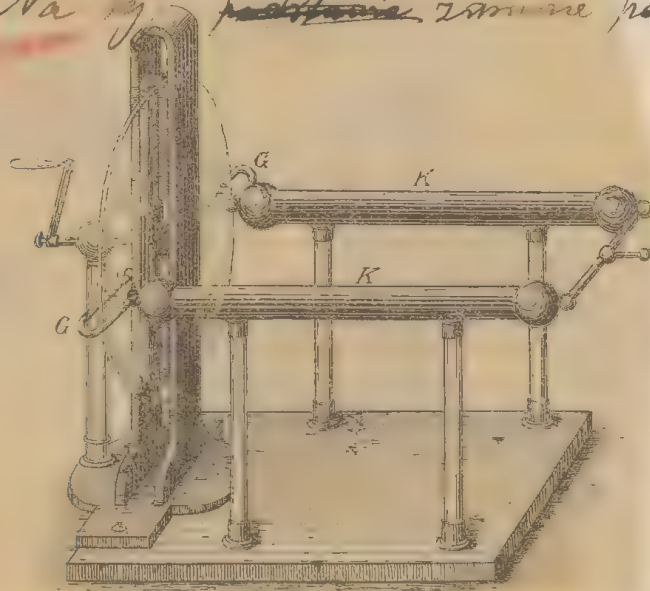
zero. Elektryzując ciało nie stwarzamy w niem zatem dodatniej ani ujemnej elektryczności; oddzielamy je od siebie, rozłączamy je tylko.

✓ Nie umiemy dotychczas stworzyć elektryczności z niczego, tak samo jak nie potrafimy stworzyć z niczego miedzi, węgla albo wodoru, chociażby w najmniejszej ilości. Mówiąc to, nie chcemy jednak powiedzieć, ażeby elektryczność była takim samym zwyczajnem ciałem, jakim jest miedź, węgiel lub wodór. Istnieje elektryczność dwojakiego rodzaju i to ją stanowczo odróżnia od wszelkich ciał nam znanych. Nie istnieje węgiel dodatni i węgiel ujemny, nie istnieje wodór dodatni i wodór ujemny, które, dodane do siebie, dawałyby nicosć. Tymczasem istnieje elektryczność dodatnia i elektryczność ujemna; te zaś, wzięte wspólnie, znoszą i niszczą się zobopólnie.-

#### § 172 O różnych sposobach elektryzowania ciał.

Można elektryzować ciała mnóstwem sposobów. Dwa drążki metalowe, jeden ~~z~~ cynkowy, drugi ~~z~~ miedziany, przyłożone do siebie, po rozłączeniu okazują się naelektryzowane; przytem muszą być trzymane zapomocą rękojeści izolujących, n.p. szklanych; inaczej ładunki spłyną do ziemi przez ręce nasze i ciało. Suchy kawałek szkła, laku lub bursztynu, przyciśnięty do jedwabiu, flaneli lub futra, okazuje się naelektryzowany; jednocześnie jedwab, flanela, futro elektryzują się również. Przytem ~~do~~ szkła, po laku i wszystkich innych wymienionych ciałach, jako po złych przewodnikach, ładunki nie rozchodzą się (jak po metalach rozchodziły się zaraz), lecz tkwią w miejscach, w których powstały. Krótkie, lecz silne potarcie suchego szkła lub laku flanelą lub kawałkiem futra wytwarza znaczniejsze naelektryzowanie, niż proste przyłożenie; pocierając jedno ciało o drugie, sprawiamy bowiem iż wiele ich miejsc zostaje przyłożonych po kolei do siebie.

17816g)



Na tej podstawie można polegać naładunku

4. w. maszyn elektryzujących, w których





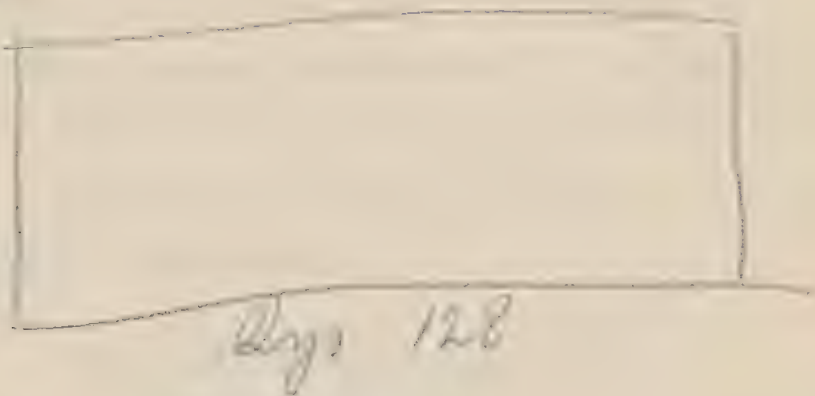




172  
128

§ 173. Prąd elektryczny.

Wiemy z artykułów poprzedzających, że w niektórych ciałach, np. w metalach, elektryczność może poruszać się czyli płynąć, jak niekiedy obrazowo mówimy (§§ 161, 172). Ruch elektryczności w jakimś przewodniku nazywamy prądem elektrycznym.



Wyobraźmy sobie ciało metaliczne A izolowane /rys. 128/; przypuśćmy, że naelektryzowaliśmy je dodatnio. Zbliżamy do A długi pręt lub drut metalowy BC, z początku nie-naelektryzowany. Według § 169-go, elektryczność dodatnia ciała A rozłączy dwie elektryczności, które zawierały się w BC, przyciągnie ujemną do końca B, dodatnią zaś odepchnie do drugiego końca C. Przypuśćmy, że końcem B dotykamy ciała A, koniec C zaś połączymy z ziemią. Ładunek ~~tak~~ dodatni ciała A i ujemny w B połączą się i zobojetnią, dodatni zaś ładunek końca C odpłynie do ziemi. Wszystko dzieje się tak, jak gdyby dodatni ładunek ciała A przepłynął przez BC do ziemi, w czasie zresztą niesłychanie krótkim. Całość tych zjawisk nazywamy prądem elektrycznym w przewodniku BC.

Musimy o tem pamiętać, że w opisanych warunkach prąd ten jest niejako jednorazowy: istnienie ładunku na A i połączenie z ziemią wytwarza ów prąd, który powstaje

THE UNIVERSITY OF CHICAGO  
LIBRARY  
540 EAST 57TH STREET  
CHICAGO, ILL. 60637  
U.S.A.  
TEL. 773-936-5000  
FAX 773-936-5000  
WWW.CHICAGO.EDU  
CHICAGO.EDU



173

i w ten sposób znów powstają. Idąc dalej nieustannie  
wytwarzali coraz nowe ładunki na przewodniku 2.  
Widać, jak one się zbierają i gromadzą, opływają prze-  
ciwnie zjawisko powtarzało się, bez końca. Miel-  
liśmy wówczas niepostrzeżenie zjawisko elektryczności  
przez przewodnik 20 czyli trafiała ona elektryczność.  
Widać, że istotnie istnieje straszne /obracanie/ takie  
zjawisko /wzrost/ elektrycznej /w przewodnikach/ oraz w  
w przewodnikach, które są z nimi połączone, przebieg  
zjawiska jest podobny do zjawiska, podanego w ar-  
tykule niniejszym.

#### § 174. Rozbrojenie elektryczne.

Dodatkowo 2 artykuł 21 w doświadczeniu § 173-go nie  
dotyczy powierzchni przewodnika 1, dopóki nie ma połączenia  
2 i 1 metalicznego, przedstawiającego połączenia. Widać zjawis-  
ko przelania połączonych przewodników do tych na 1 i ujem-  
nym na 2 nie mając jednakże do tego w natężeniu, że opór  
izolujący powietrza zostaje niejako przezwyciężony, że ładun-  
ki połączą się i spowodują wybuch, w postaci iskry.  
Iskra jest objawem nader krótkotrwałego prądu elektrycz-  
nego, który, skutkiem ogromnego napięcia, zdolny przerwać  
izolację powietrza. Taki prąd nazywamy zjawiskiem elektrycznym  
rozbrojeniem. Zdolność go łatwo wytwarzać i zatrzymać  
w elektrycznych doświadczeniach, jeżeli tylko napięcie  
elektryczności, jej działanie do przejścia, jest dostateczne

do dalszego swojej rozbrojenie elektryczne roz-  
rzuca bardzo mocno powietrze, ale czyni to tylko  
w tym miejscu przez które przechodzi. Rozbrojenie.

Piorun nie jest niczem innym, jak  
potężnym elektrycznym rozbrojeniem pomiędzy chmurami lub  
pomiędzy chmurą a ziemią. Błyskawica jest olbrzymią iskrą,  
wytworzoną przez to rozbrojenie. Ażeby uchronić budynki od  
uderzenia piorunu, stawiają na nich *piorunochrony* czyli wy-  
sokie, zastrzone, metalowe pręty, połączone metalicznie z zie-  
mią; rozbrojenie trafia wówczas nie w budynek, lecz w pioruno-  
chron i spływa po nim do ziemi bez szkody dla budynku.

Gdy iskra elektryczna przeskakuje, co właściwie świeci?  
Świeci w niej powietrze, rozgrzane niezmiernie mocno i nagle  
działaniem elektryczności, a także cząstki ciała, pomiędzy któ-

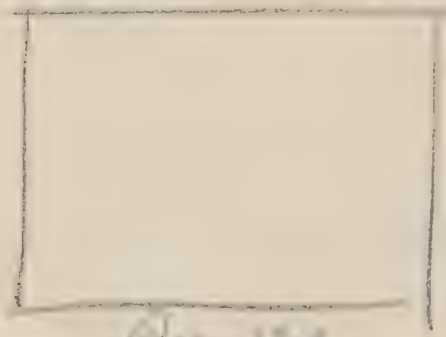
WYDZIAŁ KSIĄŻEK SEKCJA H  
Zakładu Narodowego im. Ossolińskich  
we Lwowie.

remi iskra przeskakuje, od tych ciał oderwane. Rozgrzanie powietrza, niezmiernie mocne i nagłe, sprawia w niem gwałtowne i krótkie rozszerzenie; stąd ów suchy trzask, jaki słyszymy, gdy iskra przeskakuje (por. rozdz. III.).

§ 175. Prąd elektryczny w ogniwie i w obwodzie ogniwa.

Jak wiadomo, bieguny ogniwa są przeciwieście naelektryzowane /s. 168/. Połączymy zatem te bieguny za pomocą drutu metalowego lub innego jakiegobądź przewodnika, zwalając jednak, żeby blaszki z miedzi i c cynku /rys. 129/ nie dotykały się między. Otrzymamy wówczas prąd elektryczny w drucie lub przewodniku, czyli w t.zw. obwodzie ogniwa. Na biegunach ogniwa wytwarza coraz nowe elektryczne ładunki; otrzymujemy w obwodzie, przez pewien czas, prąd trwały.

W obwodzie ogniwa elektryczność dodatnia płynie od dodatniego do ujemnego bieguna, zatem od miedzi do cynku. Ale ponieważ prąd w obwodzie jest trwały, więc z cieczy ogniwa musi do miedzi nieustannie dopływać nowa elektryczność dodatnia, która zatem w cieczy ogniwa płynie od cynku do miedzi.



Rys. 129

Ale ponieważ prąd w obwodzie jest trwały, więc z cieczy ogniwa musi do miedzi nieustannie dopływać nowa elektryczność dodatnia, która zatem w cieczy ogniwa płynie od cynku do miedzi

/rys. 129/. Tym sposobem prąd elektryczny płynie niejako dookoła: przez ogniwo i przez cały obwód.

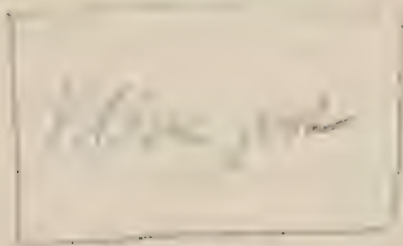
§ 176. Ciepło w obwodzie ogniwa.

Skoro tylko obwód ogniwa jest zamknięty i płynie w nim prąd elektryczny, dost. ztemy nowe zjawisko: cienki drut, zakłeszcza żelazny lub platynowy, włożony w obwód, ogrzewa się znacznie.



we

Powtórzmy to s ostrzeżenie w sposób następujący. Pro-  
wadźmy cienki drucik żelazny lub, latwo, w obwód baterji



Rys. 132.

/rys. 131/; pozostała reszta ob-  
wodu niechaj składa się z gru-  
bych miedzianych drutów lub pro-  
tów. W protach lub grubych dru-  
tach nie zważamy ogrzania, cien-  
ki drucik, przeciwnie, rozszerza się do czerwoności lub do  
białości i może nawet się stopić. Prąd elektryczny przenosi  
energję w sposób nieostrożny, przez grube części obwodu  
do cienkiego drucika, dość blisko od baterji i tam do-  
piero zmienia ją w ciepło.

### § 171. Działanie chemiczne w ogniwie.

Jak powiedzieliśmy w dwóch artykułach poprzednich, zam-  
knięty obwód ogniw elektrycznego. Zauważmy, że  
w samym ogniwie odbywają się równoczesne działania che-  
miczne. Zauważmy, że cynk zużywa się, że go zaczyna powoli  
ubywać; równocześnie na miedzi dostrzegamy nieco pęcho-  
rysków białych, których, podobnie, okazują się wodorem.

Niech teraz zamyślimy, co tutaj się dzieje, wkładając kawałek  
cynku /rys. 131/ do wody zakwaszonej kwasem siarczanym.

Mając wodę zakwaszoną a cynkiem zaczynamy się zapaść che-  
miczne działanie. Woda syczy, kotłuje się i niekiedy ogrywa.



Rys. 131.

~~Małe~~ Małeńkie pęcherzyki gazowe wydobywają się  
na powierzchnię wody; blachy cynkowej zaczyna  
ubywać; woda zakwaszona ją niszczy, przegryza,  
podobnie jak czysta woda czyni to z cukrem. Ma-  
wia się też nieraz, że cynk „rozpuszcza się”  
w wodzie zakwaszonej; lecz, co tutaj się dzieje jest tylko  
z pozoru podobne do rozpuszczania się cukru, albowiem meta-  
licznego cynku nie można napowrót otrzymać przez odparowanie

wody, jakto można  
z cukrem uzyskać. Cynk nierozpuszcza się wtajemniczone w wa-

we



dzie zakwaszonej, lecz rozkłada kwas w niej zawarty, tworzy pewien związek /sól, zwaną siarczanem cynkowym/ i wydziela wodór gazowy, jak wiadomo z Chemji. W tem doświadczeniu wodór wydziela się zatem na cynku; w ogniwie, przez które płynie prąd elektryczny, wodów /jak powiedzieliśmy/ wydziela się na miedzi. Zrozumiemy nieco później, czemu prąd elektryczny przenosi wodów przez ciecz, z cynku na miedź, w sposób niewidzialny.

### § 138. Działanie chemiczne w obwodzie.

Połączmy bieguny ~~B i G~~ baterji (rys. 110) z dwiema blaszkami wyrobionymi z platyny, metalu, na który zwykle kwasy nie działają. Weźmy nieco siarczanu cynkowego, tej samej soli, jaka tworzy się w ogniwie (§ 133), i zanurzymy platynowe bieguny baterji, jak okazuje rys. 132., do roztworu tej soli w wodzie. Cynk czysty osadza się wówczas na blaszce, która jest połączona z ostatnim cynkiem baterji, czyli na ujemnym biegunie baterji. Jednocześnie woda staje się kwaśna; ~~albo~~ ~~wiem~~ tworzy się ~~tuż~~ kwas siarczany, którego w roztworze coraz więcej przybywa. Mamy więc teraz rozkład siarczanu cynkowego, czyli zjawisko wprost przeciwne temu, które mieliśmy w ogniwie (rys. 110; § 134). Tu przybywa cynku i przybywa kwasu, w ogniwie zaś i cynku i kwasu ubywało. ~~A zatem, gdy~~ wykonywamy opisane doświadczenie, w ogniwach baterji siarczan cynkowy tworzy się, jednocześnie zaś w obwodzie baterji, w roztworze, siarczan cynkowy rozkłada się; więc w obwodzie odbywa się przeciwne chemiczne działanie, niż w ogniwie. W opisanem tu doświadczeniu kwas siarczany, tworzący się skutkiem rozkładu soli, pocznie niebawem również ulegać rozkła-



Rys. 132

dowi; dlatego na blaszce, połączonej z biegunem ujemnym, oprócz cynku pocznie niebawem wydzielać się wodór. ~~Żeby~~ ~~dogodnie~~ okazać wydzielanie się metalicznego cynku, można dodać do roztworu siarczanu ciała, zwanego szczawianem amonowym.

### § 139. Elektroliza.

Prąd elektryczny, przechodząc przez rtęć, nie rozkłada jej; rtęć jest, jak wiadomo, piętnastkiem chemicznym czyli nie rozkładającym się ciałem. Poprowadźmy teraz prąd przez ja-

*Króć ciasto utwione, może coś kum odmierne  
od tych, które wchodzi w skład ogniwa.  
Należy np. do rozkładu (rys. 132)*

THE UNIVERSITY OF CHICAGO  
LIBRARY  
1100 EAST 58TH STREET  
CHICAGO, ILL. 60637  
U.S.A.

177

wodnego roztworu siarczanu miedziowego (t. zw. koperwasu miedziowego) i połączmy blaszki z biegunami baterji. Na blaszce, połączonej z biegunem ujemnym, osadza się *miedź*, w roztworze zaś przybywa kwasu siarczanego. A zatem prąd, który powstaje przy tworzeniu się siarczanu cynkowego, może rozkładać nie tylko znowu siarczan cynkowy, lecz również i inne ciała złożone. ~~Zupełnie~~ podobnie prąd elektryczny, przechodząc przez roztwór wodny kwasu siarczanego lub solnego, przez roztwór wodny soli kuchennej (chlorku sodowego) lub lapisu (azotanu srebrowego) lub jodku potasowego, wywołuje w tych ciałach zjawiska rozkładu chemicznego. Natomiast przez naftę, przez oliwę lub przez terpentynę prąd nie przechodzi i oczywiście nie rozkłada tych ciał.

*W ogniu  
W nim*

Rozkład, sprawiany przez prąd elektryczny, nazywa się *elektrolizą*; ciała, które prąd rozkłada, nazywają się *elektrolitami*. Gdy elektrolizujemy kwas siarczany lub solny, wodór wydziela się na biegunie ujemnym; pozostałe zaś części składowe kwasu (chlor, związki tlenu z siarką) wydzielają się na biegunie dodatnim. Gdy elektrolizujemy jakąkolwiek sól, na biegunie ujemnym wydziela się *metal*, zawarty w soli; na biegunie dodatnim wydzielają się pozostałe części składowe soli. Gdy n. p. elektrolizujemy lapiś, na biegunie ujemnym osadza się srebro; rozumiemy przeto, jak można srebrzyć, (a także złocić, niklować i t. d.) zapomocą prądu elektrycznego. Gdy elektrolizujemy jodek potasowy, *potas* gromadzi się na ujemnym biegunie (gdzie natychmiast działa chemicznie na wodę), na dodatnim zaś wydziela się swobodny *jod*. Jeśli dodamy do roztworu nieco zaprawy krochmalnej, najmniejsze ilości poja-

wiającego się jodu zdradzać się będą niebieskiem zabarwieniem tak, iż zapomocą elektrolizy jodku potasowego można wykrywać obecność nawet bardzo słabych prądów.

### § 180 Elektroliza wody.

*Woda czysta jest zły przewodnik; natomiast czystej wody do rozkładu (nys. 132) próbując przepuszczać prąd, niedo-*





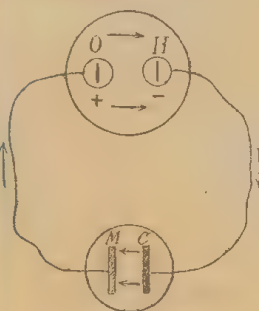


Rys. 133

strzegamy elektrolizy wody. Lecz dodajmy kilka kropel kwasu (siarczanego lub solnego), a natychmiast dwa strumienie pęcherzyków gazowych pobiegą ku powierzchni, jakby wyrrywając się z blaszek platynowych. Ażeby zebrać te pęcherzyki, nakryjmy blaszki zamkniętymi rurkami szklanymi, wypełnionymi również wodą zakwaszoną i przewróconymi nad cieczą, jak pokazuje rys. 133; przyrząd tu przedstawiony, nazywa się *woltametrem*. Na biegunie dodatnim wydziela się *tlen* (O, z łac. *Oxygenium*), na ujemnym — *wodór* (H. z łac. *Hydrogenium*); wodoru jest na objętość dwa razy więcej, niż tlenu. Do tego doświadczenia potrzeba mocnego prądu; najlepiej użyć kilku ogniw, opisanych wyżej, w § 135-ym).

#### § 132. Uwaga dodatkowa o ogniwie elektrycznem.

Rozumiemy teraz, dlaczego w ogniwie wydziela się wodór, skoro tylko obwód jest zamknięty (§ 131). Albowiem



Rys. 116

prąd przechodzi wówczas przez wodę zakwaszoną samego ogniwa i wodę tę elektrolizuje. Dlaczego zaś wodór wydziela się na miedzi? Wyobraźmy sobie (rys. 134) ogniwo *MC* (dla uproszczenia narysowano tylko jedno) oraz woltametr *OH*, w którym elektrolizuje się woda; wszystko to jak gdyby przecięte poziomą płaszczyzną. Wiemy, że prąd przechodzi jak gdyby dokoła przez ogniwo i przez cały obwód. Idźmy n.p. od miedzi *M* do bieguna *O* w woltametrze *OH* i taksamo da-

lej, jak wskazują strzałki; widzimy, że wodór w woltametrze zbiera się tam, gdzie *wychodzimy* z cieczy t. j. w miejscu *H*. W ogniwie idziemy od *C* do *M*, wodór przeto w ogniwie zbiera się znowu tam, gdzie *wychodzimy* z cieczy t. j. na miedzi *M*.





### § 162. Aby rozłożyć wodę, trzeba wykonać pracę.

Wiadomo z Chemii, że wodór łączy się chętnie z tlenem, że ~~on~~ pali się w tlenie; przez to powstaje woda. Zatem rozkład wody i palenie się wodoru w tlenie są to zjawiska wręcz przeciwne sobie. W pierwszym woda rozkłada się na wodór i tlen, w drugim wodór i tlen łączą się, dając wodę. W obu razach ani zyskujemy, ani tracimy na *masie*. Z dziewięciu gramów wody otrzymujemy zawsze jeden gram wodoru i ośm gramów tlenu, ~~ani mniej, ani więcej~~; z grama wodoru i z ośmiu gramów tlenu otrzymujemy dziewięć gramów wody. Masa wody jest w obu razach równa łącznej masie obu składników.

Zwróćmy teraz uwagę na *energję* wody i na *energję* składników. Wiemy, że wodór, łącząc się z tlenem, wydziela znaczną ilość ciepła; płomień wodoru w tlenie jest źródłem znacznego gorąca. Każdy gram wodoru, łącząc się z ośmiu gramami tlenu, wydziela 34·6 kal. Wyobraźmy sobie zatem 1 gram wodoru, zmieszany z 8 gramami tlenu, ale nie połączony z nimi; następnie przypuśćmy, że utworzyło się z nich 9 g wody. Przez połączenie się wydzieliła się 34·6 kal., które musimy odebrać, jeżeli chcemy mieć wodę w tej samej temperaturze, w jakiej mieliśmy wodór i tlen. A zatem dziewięć gramów wody zawiera w tej samej temperaturze *mniej* energji, niż mieszanina 1 grama wodoru i 8 gramów tlenu, mianowicie mniej o 34·6 kal.; inaczej mówiąc, wodór i tlen zawierają *więcej* energji, niż woda, mianowicie więcej o 34·6 kal. na każdych 9 g wody. *Żeby więc rozłożyć wodę, trzeba dostarczyć pracy, trzeba wyłożyć energję*, mianowicie trzeba wydać conajmniej 34·6 kal. na rozkład każdych 9 g wody.

### § 163. Energia prądu elektrycznego.

Tę właśnie pracę wykonywa w woltametrze prąd elektryczny. Prąd przynosi ze sobą energję, wpływając do wolta-



metru. Ież skąd bierze się energia prądu? Energia prądu, jak wiemy, jest tylko nową postacią energii w ogniwie, które działają na siebie wzajemnie w ogniwie. Kwas siarczynowy i cynk mają energię chemiczną, podobnie jak wodór i tlen mają energię chemiczną. Część tej energii chemicznej kwasu siarczynowego i cynku zamienia się w ogniwie na elektryczną energię prądu i elektryczna energia prądu w woltametrze zamienia się na powrót na chemiczną. / Woltametr nabit / t.j. taki, przez który przepłynął prąd elektryczny / zawiera ślad zapasu energii chemicznej.

#### § 181. O polarności.

Woltametr nabit zawiera zapas energii chemicznej, podobnie jak gotowe do działania ogniwo, dlatego z takiego nabitego

woltametr można otrzymać prąd elektryczny. Odłączmy końce (+) i (--) drutów woltametr (rys. 184) od biegunów baterji i połączmy je z sobą. Przekonamy się, że w obwodzie woltametr (przez krótki czas) mamy teraz prąd. Woltametr zachowuje się jak ~~ogniwo~~ ogniwo; blaszka H, na której wydzielal się wodór, jest ujemnym biegunem tego ogniwa, druga zaś blaszka O jest jego biegunem dodatnim. Na podobnej zasadzie polega budowa akumulatorów czyli przyrządów, służących do gromadzenia i przechowywania energii elektrycznej.

Wiemy, że prąd płynie nie tylko przez druty i woltametr, lecz również i przez samo ogniwo, że w samym ogniwie sprawa również elektrolizę. Dlatego w ogniwie, obok prądu głównego, poczyną wytwarzać się niebawem wskutek wydzielania się wodoru na miedzi prąd drugi dodatkowy, wprost przeciwny głównemu. ~~N. p.~~ Blaszka miedziana w ogniwie jest biegunem dodatnim dla prądu głównego, lecz dla dodatkowego jest ujemnym. Z tego powodu prąd główny ogniwa niebawem słabnie i znika prawie zupełnie; mówi się, że ogniwo jest spolaryzowane.

#### § 182. Ogniwa, dające prąd trwały.

Ażeby ogniwo dawało prąd trwały, potrzeba zatem niszczyć swobodny wodór, zbierający się na miedzi; dodając do cieczy soli, zwanej dwuchromianem potasowym, sprawiamy,





iż wodór ten utlenia się i zamienia się tym sposobem na wodę. Najlepiej jest dodawać 100 g dwuchromianu potasowego na litr wody, zawierającej 50 g kwasu siarczowego; taka ciecz będzie przeszkadzała skutecznie polaryzacji ogniwa, dopóki dwuchromian potasowy nie zostanie zużyty. Lecz ponieważ nagryza ona miedź, przeto zamiast płytki miedzianej używa się zazwyczaj płytki, zrobionej z platyny lub z węgla (najlepiej z ~~czarnego~~ gazowego). Na rys. 117. widzimy takie ogniwo; pomiędzy dwiema płytkami węglowymi znajduje się płytka cynkowa, którą należy wyciągać z cieczy, gdy ogniwo nie jest czynne. Istnieją jeszcze rozmaite inne rodzaje ogniw; dają one prąd trwały, dopóki ciała, zapobiegające polaryzacji, nie są zużyte. Ogniwo Bunsena (rys. 118.) zawiera wodę zakwaszoną, cynk c i węgiel w (~~czarny gazowy~~); dla zapobiegania polaryzacji węgiel jest otoczony mocnym kwasem azotowym, który znowu, ażeby nie mieszał się lub mieszał się powoli) z wodą zakwaszoną, znajduje się w naczyniu porowatym z gliny niewypalanej.

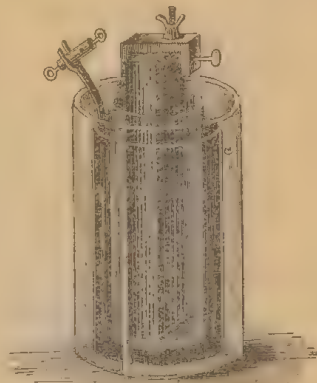
Zapomocą baterji złożonej z ogniw takich, jak na rys. 117., lub z ogniw Bunsena i t. p., można oczywiście wykonać znacznie łatwiej wszystkie doświadczenia, opisane powyżej,

ż za pomocą pierwotnych ~~naczyn~~ ogniw, rys. 109. i 110., które bardzo prędko ulegają polaryzacji.



Rys. 117.

z węgla czarnego  
lub



Rys. 118.

z osłanianym

Wydawnictwo Książki  
Zamówienia i im. Leśnych  
w Warszawie.



§ 186. Światło elektryczne.

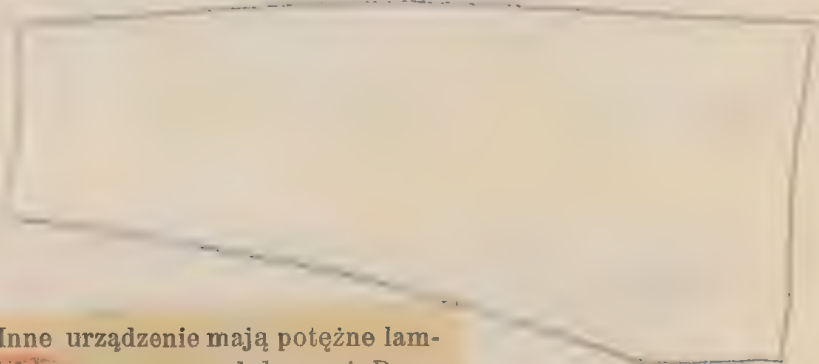
Prąd elektryczny przepływa przez paseczki metalowe, zamknięte w bańce szklanej (rys. 187).  
 Tętno przepływa się / 170 / i  
 jedna świeca, ponieważ w powietrzu  
 spaliłoby się niebezpiecznie / t.j. po-  
 tencjał spaliłoby się z tlenem powietrza /  
 i było zamknięte w bańce,  
 z której wysięgnięta powietrze.



Takie lampki, zwane łukowymi,  
 służą dziś w wielu obiektach do

oświetlania. Wszędzie w tych lampkach bawia wyrobione  
 z metali, w których nie ma wysokiego temperatury tlenku,  
 osnu, wulfuranu. Bardzo wyrobiane są z osnu. Lampki p  
 elektryczne barwnie przebiegają i nie wydzielają pro-  
 ductów spalania. Są natomiast lampy lub żarówki, z tego  
 względu są one odpowiednie dla zdrowia ludzkiego.

Rys. 187



Inne urządzenie mają potężne lam-  
 pę elektryczne, zwane łukowymi. Przy-  
 puśćmy, że bardzo silny prąd elek-  
 tryczny płynie przez dwa pręciki wę-  
 glowe, zaostrome jakby ołówki i ze-  
 tknięte ze sobą ostrzami. W miejscu  
 zetknięcia powstaje zaraz znaczne ciepło; gdy zaś rozsuniemy  
 węgielki, pojawia się między nimi łuk świetlny oślepiającej  
~~siły~~ (rys. 188). Przedłużając to doświadczenie, spostrzegamy  
 po jakimś czasie, że węgielki, który jest biegunem dodat-  
 nym, stracił ~~swój~~ kształt zaostromy lub nawet wydrążył się.  
 Węgielki ujemny traci ~~znacznie~~ mniej, a niekiedy nawet zy-  
 skuje. Od dodatniego bieguna odrywają się więc cząstki węgla,  
 które spalają się w drodze albo rozpraszają w różne strony.  
 Budowa lamp elektrycznych łukowych polega na takiej zasa-  
 dzie. Na niej również polega urządzenie pieców elektrycznych,  
 które wytwarzają najwyższe temperatury, otrzymane dotych-  
 czas przez uczonych (od 3000° do 4000°).

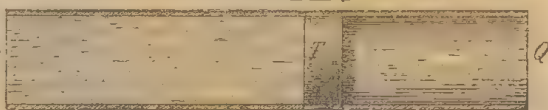
Rys. 188

F Końce węgli,  
 rozciągają się  
 koniec dodatni,  
 rozrywają się  
 war oślepiająca  
 światło.

Zarząd... SOHNSKICH  
...owie.

### § 187. Opór drutu.

Przypuśćmy, że przez drut metalowy płynie prąd elektryczny. Drut stawia  *pewien opór*  prądowi; wiemy istotnie, że drut ogrzewa się wówczas (§ 176.); zatem dzieje się ~~tutaj~~ tak, jak gdyby prąd spotykał w drucie  *tarcie* , które przewycięża, przez co powstawałoby ciepło. Wyobraźmy sobie, że przez rurę ~~PQ~~ (rys. 134) płynie woda, pchając przed sobą tłok  *T* . Tarcie tłoka o ścianki, oraz tarcie wewnątrz samej wody, wytwarzałoby pewien opór ~~na~~ płynięcia wody; część energii ruchu zamieniałaby się skutkiem tarcia na ciepło. Wpraw-  *P*



Rys. 134.

bynajmniej płynięciem jakiegobądź płynu po drucie, ale, jak ruch wody w rurze  *PQ*  jest  *źródłem energii* , podobnie prąd elektryczny w drucie jest źródłem energii. Istotnie, wiemy, że  *prąd elektryczny ma energię* ; dzięki tej energii prąd może nabijać woltametry i akumulatory, żarzyć lampki, topić cienkie platynowe druciki. Kiedy prąd przechodzi przez zwyczajny drut metalowy, energia prądu zawsze wytwarza ciepło; ~~zupolnie~~ podobnie podczas ruchu wody w rurze  *PQ*  część energii płynięcia zamienia się zawsze na ciepło. Posunięcie tłoka  *T*  ~~o~~ o jeden centymetr wymaga przewyciężenia pewnego tarcia, zatem wytwarza pewną ilość ciepła; jakkolwiek drogą woda odbyła już w rurze poprzednio przed dojściem do miejsca  *T* , posunięcie się jeszcze o jeden centymetr wytworzy ~~zawsze~~ nową ilość ciepła. Podobnie co do prądu: jakkolwiek długo już trwa prąd elektryczny w drucie, przejście nowego prądu przez każdy centymetr tego drutu wytworzy ~~zawsze~~ nową ilość ciepła.

*mości już przepłynięto, przepłynięcie nowego  
ilości elektryczności wytworzy nową ilość ciepła.*

### § 188. Przewodnictwo elektryczne.

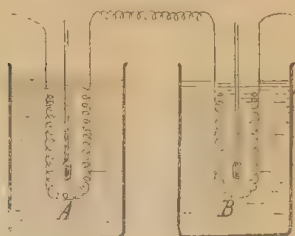
Mówimy, że rozmaite druty stawiają rozmaity  *opór*  temu samemu prądowi zależnie od tego, ile ciepła wytwarza się w nich z energii tego prądu. ~~Pomysłujemy~~  *w obwodzie*  ogniwa (lub baterji) dwa druty albo dwa zwoje drutu:  *A*  i  *B*  (rys. 142) jeden za drugim tak, żeby ten sam prąd przepływał

*Przypuśćmy*





przez obadwa. Zanurzysz zwoje n. p. do alkoholu i mierząc temperaturę alkoholu, możemy sądzić o ilościach ciepła (por.



Rys. 140

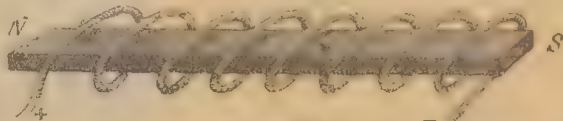
§ 139), które ten sam prąd wytwarza w dwóch drutach. ~~Jeśli oba~~

druty są wyrobione z tego samego metalu i są jednakowo grube (czyli mają jednakowe poprzeczne przecięcia), w takim razie ilości ciepła wytworzone mają się do siebie jak długości drutów. Na przykład w drucie dwa razy dłuższym po-

wstaje wówczas dwa razy większa ilość ciepła. Jeśli długości i przecięcia są jednakowe, ale metal drutów nie jest jednakowy, wywiązane ilości ciepła są wogóle niejednakowe; w drucie srebrnym lub miedzianym wywiązuje się ~~znacznie~~ mniej ciepła, niż w platynowym lub ołowiowym. Mówimy więc: srebro i miedź odznaczają się stosunkowo małym oporem dla prądu czyli mają duże elektryczne przewodnictwo; platyna i ołów stawiają prądowi opór stosunkowo znaczny, t. j. okazują małe elektryczne przewodnictwo.

### § 139. Elektromagnes.

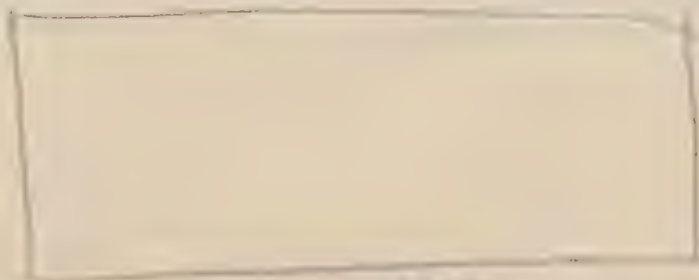
Cienki drut miedziany okręmy starannie jedwabiem (lub bawełną, napojoną następnie woskiem stopionym); taki drut nazywa się izolowanym. Weźmy sztabę z miękkiego żelaza NS (rys. 139) i okręmy ją drutem izolowanym; następnie przepuścimy prąd przez drut izolowany. Prąd nie przechodzi przez woskowaną ba-



Rys. 139.

welne, a zatem musi okręzać sztabę tyle razy dokoła, ile jest skrętów; przez samą sztabę zaś wcale płynąć nie będzie. Zobaczymy, że sztaba nabiera wówczas nowych własności, tak zwanych magnetycznych; przyciąga n. p. gwoźdźki lub opiłki żelazne. Podnieśmy sztabę do góry; opiłki trzymają się jej z obu końców, jak gdyby przyklejone; przerwijmy prąd, a opadną natychmiast. Podobny przyrząd nazywamy, elektromagnesem. Powiadamy, że elektromagnes ma własności magnetyczne, dopóki prąd elektryczny krąży koło sztaby; prerywając prąd, odbieramy mu te własności; zamykając prąd, przywracamy je napowrót.

Ażeby sztaba żelazna pod wpływem prądu stawała się silnym magnesem, trzeba, żeby ją prąd okręzał znaczną liczbę razy; dlatego, budując elektromagnesy, nakładają zwoje drutu gęsto jeden przy drugim. Sztaba prosta, jak na rys. 140, przybawszy własności magnetyczne, przyciąga przeważnie na swych końcach czyli t. zw. biegunach; ku środkowi przyciąganie jest słabsze. Ażeby obadwa bieguny mogły wspólnie przyciągać, budują elektromagnesy w kształcie litery U lub podkowy (rys. 142).



Rys. 142.

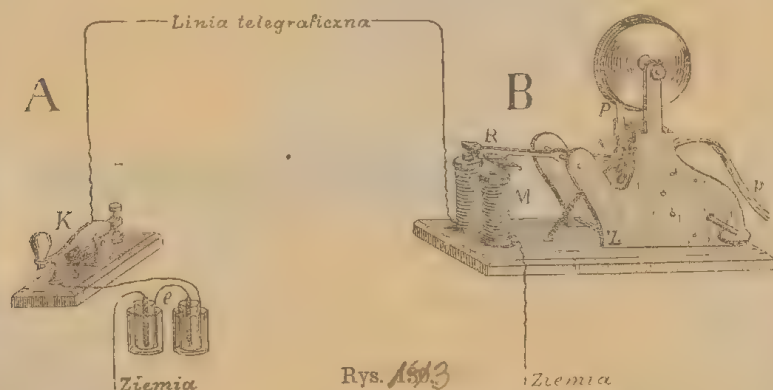




### § 137. Telegraf elektryczny.

Wyobraźmy sobie dwa miasta *A*, *B*, odległe od siebie o 100 kilometrów. Przypuśćmy, że w pierwszym mieście *A*

(rys. 137) znajduje się bateria elektryczna *e* i klucz *K*, którym można przerywać prąd w obwodzie baterii lub też zamykać go napowrót. W drugim mieście *B* niechaj znajduje się przyrząd, złożony z elektromagnesu *M* (rys. 138) i z kotwicy *R*, osadzonej na dźwigni *NR*, na której drugim końcu znajduje się ołówek *o*. Jeśli elektromagnes zostanie wzbudzony działaniem prądu, kotwica *R* opuści się, koniec *N* podniesie się,



Rys. 137

ołówek *o* uderzy o pasek papieru *PP*, który się przed nim przesuwają pod działaniem mechanizmu zegarowego w *Z*. Ziemia, ogniwa baterii, klucz, linia telegraficzna, elektromagnes i znów ziemia stanowią razem całkowity obwód; jedyną przerwą w tym obwodzie jest klucz *K*. Naciskając klucz *K* w mieście *A* sprawiamy, iż ołówek *o* w mieście *B* przyciska się do papieru *PP* i pisze po nim kreski lub kropki stosownie do długości czasu, przez który klucz był zamknięty. Z kresek takich i kropek według ustalonej umowy odczytuje się litery, wyrazy i zdania. Na tej zasadzie polega urządzenie telegrafów elektrycznych; na podobnej opiera się budowa dzwonków i zegarków elektrycznych.

*Przeniesienie*



Czytelnik wi może zadać sobie pytanie: jakim sposobem prąd powraca w ziemi na powrót do baterji ogniw i dlaczego płynie w ziemi właśnie do ogniw a nie w kierunku przeciwnym? Trzeba wyobrazić sobie ziemię jako olbrzymi zbiornik, w którym elektryczność jest na jednym poziomie napięcia. Wyobraź sobie, że stós [?] w Now-Jorku wylał konarkę wody do Oceanu Atlantyckiego, i inną zaś osoba B, w jakiś czas później, w Londynie zaczęła ściągać z morza taką samą konarkę. Nie będąc troosetli się o to, czy woda, którą B ujął konarką, jest tą samą wodą, której A dostarczał. Nicco podobnie ma się rzecz w przypadku ruchu elektryczności przez kulę ziemską.

#### § 198. O magnesach.

Do doświadczenia, przedstawionego na rys. 144, użyjmy sztaby stalowej, przekonamy się, że sztaba przyciąga opłki żelazne podobnie, jak sztaba z miękkiego żelaza. Jednakże sztaba stalowa przyciąga nie tylko dopóty, dopóki dokoła niej krąży prąd, lecz również

później, gdy prąd już został przzerwany. Sztaba stalowa pod wpływem prądu staje się *magnesem*, t. j. nabywa własności magnetycznych, nie tylko chwilowo (jak miękkie żelazo), lecz *trwale*. Rysunek 144 okazuje taki magnes z przylegającymi do niego opłkami.

Naturalne rudy żelazne, zawierające żelazo i tlen z węglem, t. zw. magnetyt, posiadają własności magnetyczne już w naturalnym stanie, zr bez działania prądu elektrycznego. Jest to magnes naturalny nazywany magnesem stal przez swoje podobieństwo.

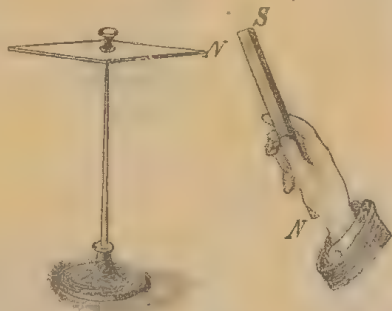
Dzięki istnieniu rudy magnetytu poznano niektóre przyczyny zjawiska magnetycznego już w starożytności. Ale dopiero pod koniec XIX wieku elektryczność i magnetyzm zaczęły być postrzegane jako zjawiska jednego i tego samego.





### § 144. Przyciąganie i odpychanie się magnetyczne.

Weźmy lekką stalową igielkę, namagnesujmy ją prądem w sposób, jaki przedstawia rys. 144, i napiszmy na lewym biegunie igielki literę *N*, na prawym *S*. Namagnesujmy podobnie sztabę stalową, łącząc końce drutu (rys. 144) z tymi samymi biegunami baterji, jak przed chwilą, i znów napiszmy: na *S* lewym biegunie sztaby *N*, na prawym *S*. Osadźmy teraz igielkę stalową poziomo na ostrzu (rys. 145) tak, iżby mogła kręcić się swobodnie we wszystkie strony. Zbliżając sztabę do igielki, jak na rys. 145, przekonamy się, że biegun *N* sztaby odpycha



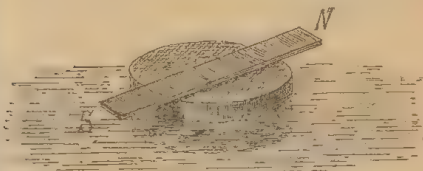
Rys. 145.

biegun *N* igielki i przyciąga jej biegun *S*; biegun zaś *S* sztaby przyciąga *N* igielki, a odpycha jej *S*. Jednem słowem *jednakowe bieguny* (*N, N* albo *S, S*) *odpychają się, a przeciwne* (*N, S*) *przyciągają się*. Widzieliśmy podobnie w § 142, że ciała naelektryzowane jednakowo odpychają się, a naelektryzowane przeciwnie przyciągają się. W tym względzie przeto zachowywanie się ciał magnetycznych i naelektryzowanych jest zupełnie podobne.

### § 145. Magnetyzm ziemski.

Usuńmy zupełnie sztabę w doświadczeniu poprzednim (rys. 145); igielka *NS* wykręci się na ostrzu i ustawi się w pewnym określonym kierunku; jeśli odchylimy ją lekko, powróci do tego położenia. *Koniec N igły wskazuje mniej więcej północ* (w naszych okolicach ustawia się nieco na zachód od północy); *koniec S wskazuje mniej więcej południe*. Takie igielki w przyrządach, zwanych *busolami* czyli kompasami, służą marynarzom i podróżnikom do odnajdywania kierunków północy i południa. A zatem kula ziemską zachowuje się, jak gdyby była magnesem i jak gdyby miała dwa bieguny, położone mniej więcej w jej istotnych, geograficznych biegunach.

*[magnetyczna]*



Rys. 146.

Położmy magnes *NS* na dużym, płaskim korku; korek umieścimy na wodzie (rys. 146). Magnes wykręci się i ustawi się, podobnie jak igła magnesowa, ale nie popłynie cały ani na północ, ani na południe. Dlaczego

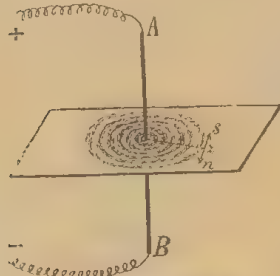
dzieje się tak? Biegun *północny* ziemi przyciąga koniec *N* magnesu, ale równie mocno odpycha jego koniec *S*; dlatego *ziemia wykręca magnes, ale nie pociąga całego magnesu ani w jednym ani w przeciwnym kierunku*.





## § 144 Działanie prądu na magnes.

Widzieliśmy w §§ 139 i 141, że prąd elektryczny, płynąc po drucie, wytwarza w pobliżu siłę magnetyczną: w stali trwała, w miękkim żelazie tylko przejściową. Zbadajmy dokładniej tę siłę magnetyczną. Poprowadźmy prąd elektryczny



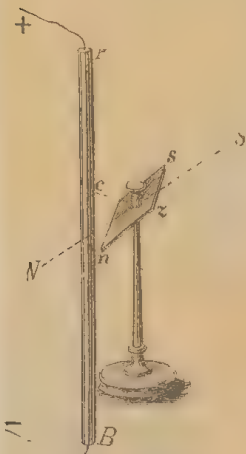
Rys. 147

przez pręcik metalowy  $AB$  (rys. 147), na którym umocowaliśmy poprzecznie kartę tektury. Jeśli posypiemy kartę opiłkami żelaznymi, zobaczymy (za lekkim wstrząśnięciem), że opiłki układają się w kształcie kół, których środkiem jest miejsce przecięcia się drutu z kartą, (czyli  $c$  na rysunku). Prąd magnetyzuje widocznie każdy kawałek żelaza i ~~wywołuje~~ go, skoro tylko może kawałek z ~~nie~~ ustawia

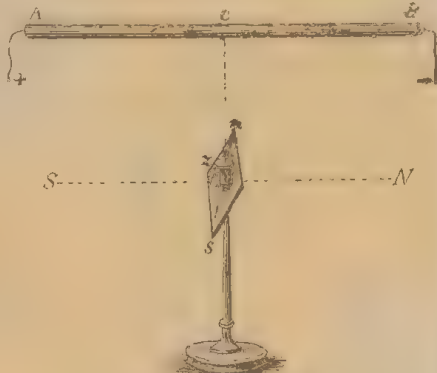
się w kierunku  $sn$ , stycznym do koła o promieniu  $cz$ , czyli w kierunku, prostopadłym do tego promienia  $cz$ . i inne podobnie.

Zupełnie podobnie działa prąd na gotowy już magnes, który znajduje się w jego pobliżu. Weźmy ~~a. b.~~ igielkę magnesową z doświadczenia, wyobrażonego na rys. 145. Ustawia się ona sama przez się pod wpływem ziemi w kierunku mniej więcej północy na południe ( $NS$ , rys. 145), jak wiemy

z artykułu poprzedzającego. Jeśli teraz zbliżymy przewodnik  $AB$ , po którym płynie prąd, igielka ustawi się w kierunku  $ns$  (rys. 148), prostopadłym do linii  $cz$ , zupełnie podobnie jak kawałek żelaza  $z$  w doświadczeniu poprzednim (rys. 134). Wpływ prądu jest silniejszy, niż wpływ ziemi, dlatego igielka ~~przyjmuje~~ natychmiast położenie  $ns$  (rys. 148), chociaż to położenie



Rys. 148



Rys. 149

nie zgadza się z kierunkiem  $SN$ , do którego usiłowałaby doprowadzić ją ziemia.

Jeśli umieścimy poziomo drut  $AB$ , przez który prąd płynie (rys. 149), igła magnesowa, znajdująca się poniżej drutu, ustawia się w położeniu  $ns$ , poprzecznie do kierunku  $AB$ . To położenie nie zgadza się z kierunkiem  $NS$ , do którego ziemia usiłuje doprowadzić igielkę; wnosimy więc, że i tu wpływ prądu jest silniejszy, niż wpływ ziemi.

Przenieśmy teraz drut  $AB$  pod igłę  $sn$  i powtórzmy to samo doświadczenie. Igła  $sn$  znów się wykręci i ustawi poprzecznie do kierunku  $AB$ , ale położenie jej będzie wprost przeciwne, niż wprzód: biegun  $n$  zwróci się teraz w stronę, którą poprzednio wskazywał biegun  $s$ , a biegun  $s$  w stronę, w którą dawniej kierował się  $n$ .

Nareszcie, jeżeli przeniesiemy drut  $AB$  pod igłę  $sn$ , ale jednocześnie zmienimy kierunek prądu na przeciwny, zobaczymy, że wychylenie igły pozostanie takie, jak w pierwszym doświadczeniu, w którym drut  $AB$  był umieszczony nad igłą  $sn$ .

H magnesowa przybiera

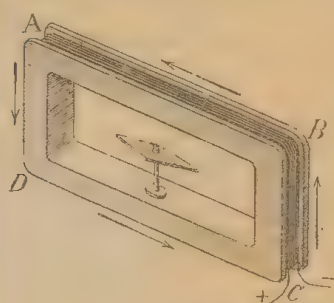


### § 195. Działanie prądu. Galwanometr i Galwanoskop.

Nie każdy prąd elektryczny działa jednostkowo na igłę magnesową. Przypuśćmy, że po tym samym, jednostkowo wzłożonym igły, położonym drucie, pójdzie najpierw prąd z jednego kierunku, następnie zaś prąd, straszony z dziesięciu takich samych ogniw; wchłonie igła magnesowej brzoła sześćdziesiąt razy więcej, niż w pierwszym, jak tego możemy się dowiedzieć.

Widzimy więc także różną siłę działania prądów elektrycznych. Mówimy, że prądy te mają różne natężenia. Działanie prądu płynącego od dziesięciu ogniw jest większe niż działanie prądu, dostarczonego przez jedno ogniwo. Jeżeli obwód prądu, płynący w obwodach, straszonych, nie różni się od 107 jednostek.

Na działaniu prądu na igłę magnesową zasadza się budowa galwanometrów, przyrządów służących do mierzenia siły prądu, oraz galwanoskopów, których zadaniem jest wykrywać obecność (najsłabszych nawet) prądów w danym obwodzie. Prosty galwanoskop widzimy na rys. 187.



Rys. 187.

BA i DC na igielkę jest zgodne. Tak samo działanie części CB jest zgodne z działaniem części AD. Ostatecznie, skoro tylko przez zwoje drutu galwanoskopu przejdzie prąd, choćby słaby, igielka wykręci się natychmiast, zdradzając tym sposobem obecność prądu.

Na ramce drewnianej nawijamy wiele zwojów drutu, doskonale izolowanego; wewnątrz ramki znajduje się igła magnesowa.)

Pamiętajmy (że prąd płynie w kierunku wprost przeciwnym po częściach BA, niż po częściach CD. Przypomniawszy sobie zatem doświadczenie, opisane w końcu poprzedzającego § 184-go, widzimy odrazu, że działanie części

natężenie

o ten





### § 196 Zjawisko indukcji.

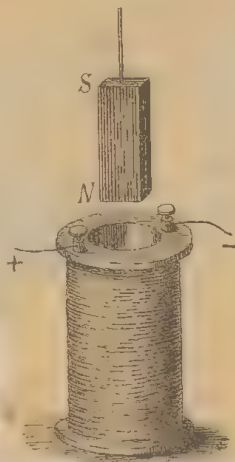
Powiedzieliśmy, że prąd w swym pobliżu wytwarza siłę magnetyczną; istotnie wytwarza ją nie tylko wtedy, kiedy w sąsiedztwie znajduje się żelazo lub stal, lecz wytwarza ją zawsze, choćby ~~we~~ w powietrzu, które go otacza; tylko w powietrzu siła magnetyczna nie sprawia skutków tak wyraźnych, jak w żelazie, ani tak trwałych, jak w stali. Zbudujmy cewkę z drutu izolowanego i przepuśćmy przez tę cewkę prąd (rys. 158). Cewka zachowuje się wówczas jak magnes: ma dwa bieguny, którymi odpycha lub przyciąga bieguny zwykłego magnesu. Jeśli odwrócimy kierunek prądu, dawny biegun *N* cewki staje się biegunem *S*, biegun zaś *S* staje się nowym biegunem *N*.

Wykonajmy teraz doświadczenie następujące: Z obwodu cewki usuńmy baterję, natomiast wprowadźmy w ten obwód

czuły galwanoskop. Następnie nagłym ruchem opuśćmy magnes *NS* do wewnętrznego wydrążenia cewki (rys. 159). Zobaczymy, że w chwili zbliżania magnesu powstaje w cewce prąd, który wszakże znika, skoro tylko ruch magnesu ustaje. Gdy magnes, znajdując się w cewce, jest w spoczynku, prądu nie ma; jeśli nagle wyjmemy magnes, spostrzeżemy na galwanoskopie znowu chwilowe pojawienie się prądu, skierowanego przeciwnie, niż pierwszy.

Prąd, tworzący się w opisany spo-

*sób, nazywamy prądem indukcyjnym; zjawisko, które tu obserwujemy, nazywamy indukcją.*



Rys. 159.





191  
145

§ 197. Zasada budowy maszyn dynamo-elektrycznych.

Wyobraźmy sobie, że zbliżyliśmy magnes do cewki /rys.151/, że zaraz później oddaliliśmy go od niej, że go znowu zbliżyliśmy, znowu oddaliliśmy i tak dalej bez końca. Wówczas w cewce będzie nieustannie płynął prąd elektryczny. Taki sam prąd będzie płynął w cewce, jeżeli magnes będzie nieruchomy, cewka zaś będzie się ku niemu zbliżała i od niego oddalała bez przerwy. W obu razach otrzymamy jednakże prąd, który zmienia co chwila kierunek na przeciwny; zarazem ten prąd nie posiada stałego natężenia lecz zmienne. Taki prąd nazywany przemiennym. Prąd przemienny różni się zmiennością kierunku oraz natężenia od prądu trwałego, którego kierunek jest stały i natężenie nie zmienia się /albo tylko powoli/.

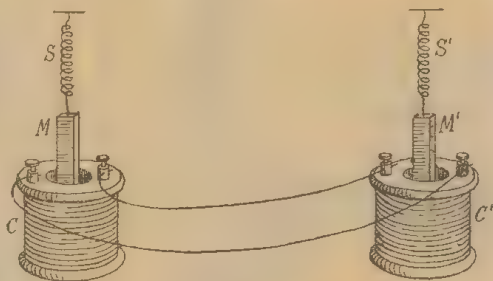
Budowa maszyn dynamo-elektrycznych polega na zasadzie doświadczenia, objaśnionego w artykule poprzednim. Przyrząd, odpowiadający cewce w tem doświadczeniu, porusza się w sąsiedztwie elektro-magnesów; w ten sposób tworzą się potężne prądy, które służą do oświetlenia, poruszania kolei elektrycznych lub innych celów przemysłu elektrycznego. Do poruszania takich "dynamo-maszyn" potrzeba ogromnych ilości pracy, których dostarczają motory parowe, wodne lub inne motory.

Niektóre maszyny dynamo-elektryczne dają /podobnie jak ogniwa lub kalorje ogniw/ prąd wtedy, o niezmiennym kierunku. Dzieje się to za sprawą szczególnych urządzeń, wchodzących w skład budowy takich maszyn.





Wykonajmy jeszcze raz doświadczenie, opisane w artykule poprzednim, ale w sposób nieco odmienny. Ponad cewką  $C$  (rys. 152) umieścimy magnes  $M$ , zawieszony na sprężynie  $S$ . Pociągnijmy magnes  $M$  mocno ku dołowi i puśćmy go następnie. Magnes będzie odbywał szybkie wahanie do góry i na dół. Poruszając się na dół, będzie on wzbudzał w cewce  $C$  prąd indukcyjny o pewnym kierunku; poruszając się do góry, będzie wywoływał prąd indukcyjny o wprost



Rys. 152.

przeciwnym kierunku. Końce izolowanego drutu, nawiniętego na cewkę  $C$ , połączmy, jak pokazuje rysunek, z końcami drutu, nawiniętego na drugiej cewce podobnej  $C'$ . Ponad tą drugą cewką  $C'$  zawieśmy drugi magnes  $M'$  na sprężynie  $S'$ . Prądy indukcyjne, wzbudzone w  $C$  przez wahanie czyli drganie magnesu  $M$ , płyną przez cewkę  $C'$ ; ale ponieważ płyną naprzemiennie to w jednym, to w drugim (wprost przeciwnym) kierunku, więc naprzemiennie to przyciągają, to odpychają magnes  $M'$ . Drgania magnesu  $M$  będą zatem wywoływały podobne drgania magnesu  $M'$ . Jeśli druty, łączące cewki ze sobą, są dostatecznie długie, wtedy przyrządy  $C$  i  $C'$  mogą być bardzo odległe od siebie; ruch drgający jednego magnesu sprawi zawsze na drugiej stacji podobne drgania drugiego magnesu.

Na takiej zasadzie polega budowa telefonów. Wyobraźmy sobie w miejscowości  $A$  zamiast ciężkiego magnesu  $M$  z poprzedniego rysunku cienką i sprężystą blaszkę żelazną  $M$  (rys. 153).



Rys. 153.

Umieszczoną tuż obok silnego magnesu  $NS$ , przez co i sama blaszka  $M$  jest magnetyczna. Na magnesie  $NS$ , tuż pod blaszką  $M$ , osadzona jest cewka  $C$ . W miejscowości  $B$ , dowolnie odległej, znajduje się przyrząd zupełnie podobny, złożony z blaszki  $M'$  z magnesu  $N'S'$  i z cewki  $C'$ . Cewki  $C$  i  $C'$  są połączone drutami podobnie, jak w doświadczeniu, opisanem przed chwilą. Dla jasności rysunku opuszczono w nim drewniane lub kauczukowe oprawy, w których blaszka, magnes i cewka są umocowane. Takie przyrządy nazywają się telefonami. Przypuśćmy, że ktoś na stacji  $A$  mówi w telefon  $A$ , trzymając blaszkę jego  $M$  niezbyt daleko od ust. Wiemy, że mowa ludzka rozchodzi się w powietrzu szeregiem fal głosowych, które, uderzając w blaszkę  $M$ , wprawiają ją w drganie. Drganie blaszki  $M$  opisany sposóbem, (mianowicie za pośrednictwem prądów indukcyjnych, które wytwarza w  $C$  i posyła do  $C'$ ), pobudza blaszkę  $M'$  telefonu  $B$  do drgań zupełnie podobnych. Kto zatem przyłoży ucho do wylotu tele-

fonu  $B$ , usłyszy dźwięki i wyrazy, wymawiane przed telefonem  $A$ . Tym sposobem mogą rozmawiać osoby, oddalone o setki kilometrów od siebie.

*Trzyobrańny robie*

*[2 rozdz. 3-go*

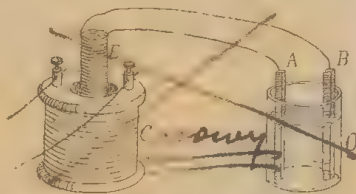


Zakładu Nauczania  
we Lwowie.

Genjusz wynalazek tel. fonu z nadajnikiem i odbiornikiem  
Grahnowi Bellowi /1876/. Wskazywało to, że ten wynalazek, z którego go słuchacze codziennie korzystają, twórcę ludźmi, oraz różnymi innymi wynalazkami i ich użyciu zastosowań i wynalazków, polega na odkryciu zjawiska indukcji /§ 194/  
Tego odkrycia dokonał w roku 1831-ym Michał Faraday, fizyk angielski, jeden z największych i sławnych fizyków, autor wielu wynalazków.

### § 189 Dalsze doświadczenia nad indukcją.

Doświadczenia, dotyczące się indukcji, możemy wykonywać w sposób odmienny. Posługiwaliśmy się dotychczas zwykłym magnesem (*NS* n. p. na rysunku 138.), który wsuwaliśmy do cewki lub wysuwaliśmy z niej. Zamiast takim trwałym magnesem spróbujmy działać (rys. 139) elektromagnesem *E*, któremu nadajemy własności magnetyczne zapomocą prądu z ogniwa *O* (lub z baterji, złożonej z takich ogniw). Zamiast wsuwania magnesu do cewki i usuwania go z niej spróbujmy teraz zostawiać elektromagnes *E* raz na zawsze wewnątrz cewki, natomiast zamykać i otwierać obwód ogniwa *O*, t. j. wpuszczać prąd do elektromagnesu i przerywać go. Każde zamknięcie prądu, wzbudzającego elektromagnes *E*, działa teraz jak nagle wsunięcie zwykłego magnesu, t. j. wytwarza w cewce (i w jej obwodzie) przemijający, krótkotrwały prąd indukcyjny. Każde otwarcie prądu działa jak nagle wysunięcie zwykłego magnesu, t. j. wytwarza prąd indukcyjny, równie krótkotrwały, lecz skierowany wprost przeciwnie.



Rys. 139

*Przypomnij Klucza K.  
(§ 190)*

### § 200 O induktorach.

Induktorem nazywamy taką cewkę, jak opisana, zawierającą wewnątrz elektromagnes i zaopatrzoną w pomocniczy przyrząd, który przerywa i zamyka prąd w tym elektromagnesie. Na rys. 140 *C* wyobraża cewkę indukcyjną, *E* wewnętrzny elektromagnes, *O* ogniwo lub baterję, zaś *SK* przerywacz; *D* i *U* oznaczają końce drutu, nawiniętego na cewce *C* induktora, *d* i *u* końce drutu elektromagnesu. Koło *K* i sprężyna *S* są wyrobione z metalu. Obracając szybko koło zębate *K*, sprawiamy, że sprężyna *S* naprzemian przyciska się do zębów, to znów z nich zeskakuje. Ponieważ, jak widzimy na rysunku, sprężyna *S* i koło *K* są włączone w obwód elektromagnesu,



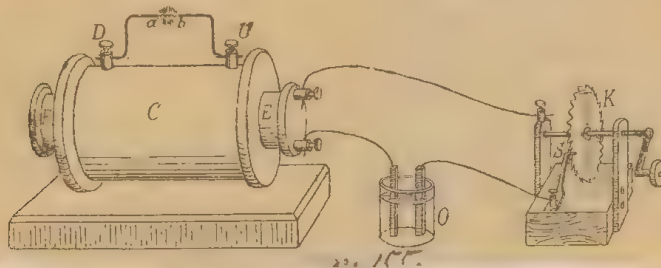


## § 186. O induktorach.

Induktorem nazywamy taką cewkę, jak opisana, zawierającą wewnątrz elektromagnes i zaopatrzoną w pomocniczy przyrząd, który przerywa i zamyka prąd w tym elektromagnecie. Na rys. 142-gim  $C$  wyobraża cewkę indukcyjną,  $E$  wewnętrzny elektromagnes,  $O$  ogniwo lub baterię, zaś  $SK$  przerywacz;  $D$  i  $U$  oznaczają końce drutu, nawiniętego na cewce  $C$  induktora,  $d$  i  $u$  końce drutu elektromagnesu. Koło  $K$  i sprężyna  $S$  są wyrobione z metalu. Obracając szybko koło zębate  $K$ , sprawiamy, że sprężyna  $S$  naprzemian przyciska się do zębów, to znów z nich zeskakuje. Ponieważ, jak widzimy na rysunku, sprężyna  $S$  i koło  $K$  są połączone w obwód elektromagnesu,

przeto szybki obrót koła  $K$  sprawia nieustanne przerywanie i zamykanie prądu, wzbudzającego ten elektromagnes.

Przy pomocy ogniwa lub baterii i induktora możemy wykonać wiele pouczających doświadczeń. Wprowadziwszy

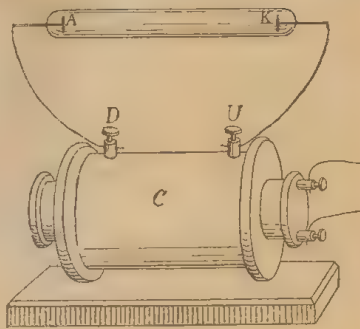


Induktory buduje się zazwyczaj w następujący sposób: Na elektromagnecie nawija się drut gruby (t. j. o znacznym poprzecznym przekroju) i niezbyt długi, głównie w tym celu, ażeby prąd baterii nie spotykał w nim znacznego oporu. Na cewce indukcyjnej, przeciwnie, nawija się drut bardzo cienki i nadzwyczaj długi; bywają induktory, na których cewce znajduje się kilkanaście lub kilkadziesiąt kilometrów drutu. Czyni się to w tym celu, ażeby zwiększyć, o ile podobna, napięcie prądów indukcyjnych, powstających w cewce. Induktor, tak zbudowany, dostarcza prądów o napięciu tak wysokim, że mogą one utorować sobie drogę nawet przez powietrze, t. j. utworzyć w niem iskrę. Umocowawszy zatem w śrubkach  $D$  i  $U$  dwa druty, których końce  $a$ ,  $b$  zbliżamy do siebie, spostrzegamy w przerwie  $ab$  między nimi (rys. 142.) bicie iskier, jednej za drugą.

Prądy indukcyjne mogłyby przechodzić między zakończeniami  $a$ ,  $b$  nawet przy znacznie większem ich rozsunięciu,



gdyby powietrze w odstępie *ab* było rozrzedzone. Możemy przekonać się o tem zapomocą rurki zamkniętej czyli bańki szklanej *AK* (rys. 148), w której przed jej zamknięciem czyli zalutowaniem rozrzedzono powietrze zapomocą pompy rtęciowej lub pneumatycznej. W ścianę tej rurki wtopione są dwa druciki, dźwigające niewielkie płytki metalowe *A*, *K*; druciki te łączymy z biegunami cewki indukcyjnej *D*, *U*. Prądy indukcyjne przechodzą przez powietrze rozrzedzone; nie dają jednak wówczas iskier, lecz tworzą raczej piękne pasmo świetliste, jak gdyby łunę świecącą, rozlaną prawie w całej rurce *AK*.



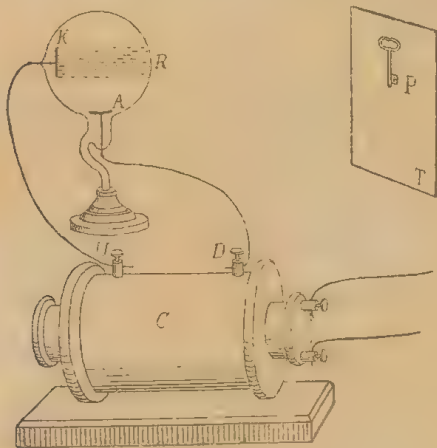
Rys. 148

### § 149. O promieniach katodowych.

Spróbujmy, powtarzając to doświadczenie, posuwać coraz dalej i dalej stopień rozrzedzenia powietrza w rurce *AK* (rys. 148). Gdy osiągniemy wysokie rozrzedzenie, jakie dają najlepsze pompy rtęciowe, wówczas zjawisko elektryczne przedstawi się odmiennie. Łuna ciągła znika prawie zupełnie; natomiast z jednej płytki (mianowicie z płytki *K* na naszym rysunku) tryska snop promieni zaledwie widzialnych, które biegają przez rurkę w kształcie linii prostych i kończą się na przeciwległej jej ścianie. Płytkę *K* w rurce *AK* z rys. 148 nazywa się *katodą* (przeciwległa *A* nazywa się *anodą*); stąd nazwa *promieni katodowych*, którą noszą rzeczne promienie. Same przez się promienie katodowe świecą nadzwyczaj słabo; natomiast szkło rurki świeci jasnym światłem barwy zielonkawej w tem miejscu, gdzie natrafiają je promienie katodowe.

### § 150. O promieniach Röntgena.

Uczony niemiecki Röntgen odkrył przed niedawnym czasem, że ze ścian rurki, świecących pod wpływem promieni katodowych, rozchodzi się dokoła, a więc i na zewnątrz rurki szczególnego rodzaju promieniowanie; to promieniowanie jest niedostrzegalne dla wzroku, ale możemy poznawać je po osobliwych skutkach, które ono może sprawiać. Przedewszystkiem owe *promienie Röntgena* działają na płytki fotograficzne, podobnie jak światło zwyczajne, widzialne. Powtóre w pewnych ciałach, zwanych *fluoryzującymi*, promienie Röntgena wywołują jasne świecenie, skoro tylko na nie padną. Kartka papieru, posypana n. p. platynocyankiem barowym, świeci jasno tam, gdzie ją trafiają promienie Röntgena, podobnie jak szkło pod działaniem promieni katodowych. Potrzebie promienie Röntgena przechodzą swobodnie po liniach prostych przez wiele ciał, nieprzeźroczystych dla światła: n. p. przez papier, przez drzewo, przez miękkie części ciała ludzi i zwierząt i t. p.



Rys. 150

Inne ciała, jak: ołów, żelazo, kamienie wapienne, kości, nie przepuszczają promieni tych wcale lub tylko w stopniu nieznacznym. To tłómaczy zasadę doświadczenia następującego: Przed kartą *T* tekturową, powleczoneą (po przeciwnej stronie) preparatem fluoryzującym, umieszczamy jakibądź przedmiot żelazny lub ołowiany *P* (rys. 150) i rzucamy na przed-

miot i kartę promienie Röntgena (z *R* na rysunku). Wówczas na karcie *T* rysuje się ciemno cień przedmiotu *P*. Jeżeli w miejscu *P* umieścimy rękę, promienie przenikną przez miękkie części dłoni, ale nie przenikną przez kości tak, iż na karcie *T* ukaże się cień szkieletu kostnego umieszczonej przed nią ręki.

*Wzglądanoj od strony preparatu fluoryzującego*





### § 203. Zasada urządzenia telegrafu bez drutu.

Za pomocą drutów metalowych połączmy bieguny U i D induktora z ~~dw~~ dwiema metalowymi kulami A, B /rys.158/, znaj-



dującymi się w niewielkiej odległości od siebie. Ilekolwiek razy przerywa się prąd płynący z baterji, induktor nabija kule A, B ładunkami elektrycznymi, skutkiem czego potężna iskra przeskakuje

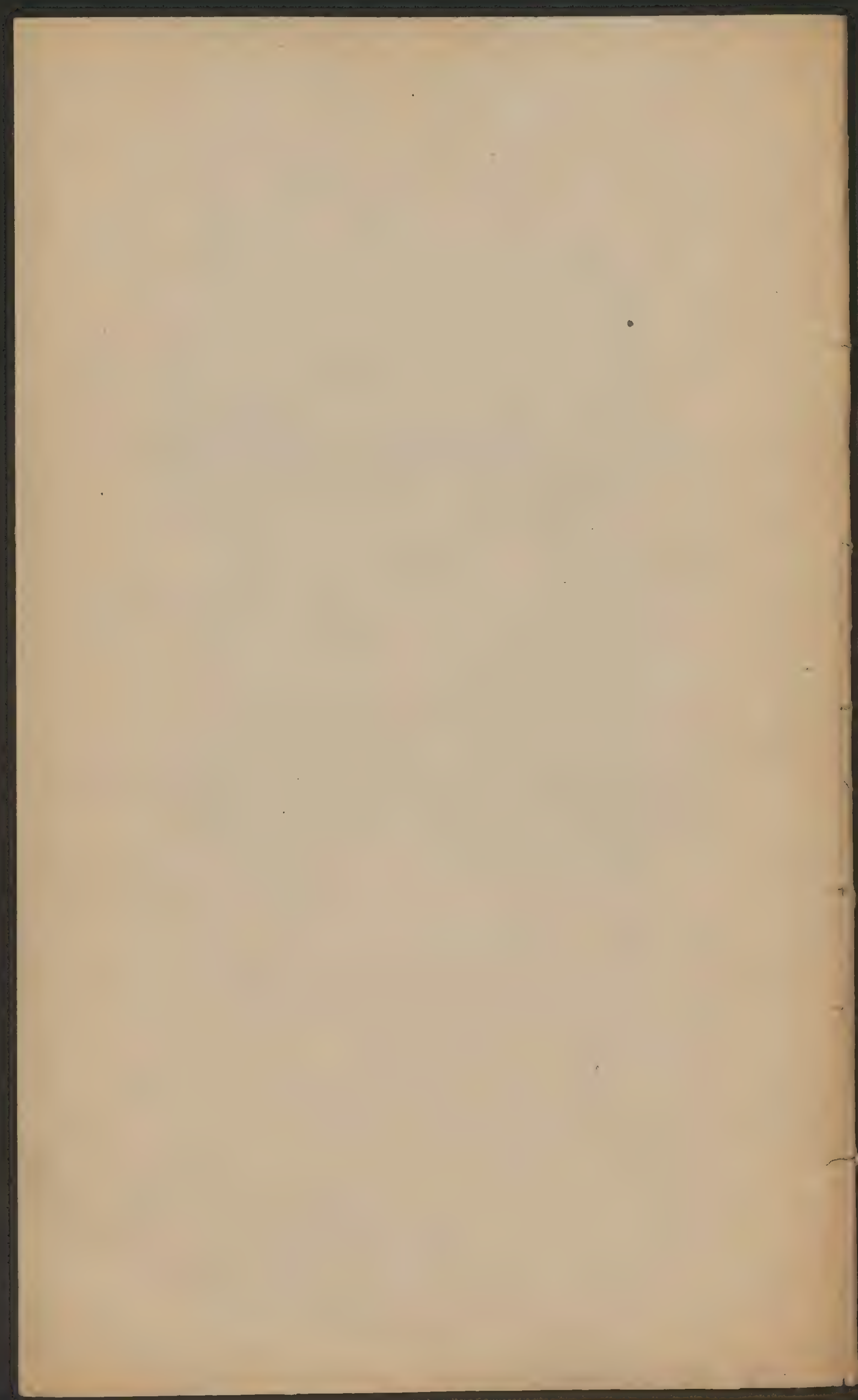
od kuli do kuli. Zbadawszy takie iskry, fizycy przekonali się, że one bynajmniej nie są jednorazowe; każda składa się z szeregu wyładowań, które następują po sobie w niezmiernie krótkich odstępach czasu. Każde takie wyładowanie jest niezmiernie krótko trwającym prądem elektrycznym, o zmiennem natężeniu i o nieustannie zmieniającym się kierunku; albowiem w opisanem zjawisku kula A jest naładowana raz dodatnio, natychmiast potem ujemnie, za chwilę znowu dodatnio i tak dalej. Kule zmieniają swoje ładunki wiele razy na przeciwne, zanim wszystko ułoży się do równowagi.

Prądy takie, tak szybko przemienne, budzą dokoło siebie działania indukcyjne, które można odkryć niebawem nawet i w znacznej odległości od kul naszego przyrządu. Na podobnej zasadzie polega też budowa telegrafu bez drutu, urządzenia, które pozwala ludziom porozumiewać się ze sobą nawzajem w bardzo wielkich dzielących ich odległościach. Telegrafować można dzisiaj w ten sposób z Ameryki do Europy albo z okrętu, znajdującego się na pełnem morzu na ląd lub odwrotnie. Telegrafuje się przytem bez żadnego łączącego drutu lub innego przewodzącego łącznika, jaki jest potrzebny w zwykłym telegrafie elektrycznym /§ 190/. Dlatego taki telegraf nazywa się telegrafem «bez drutu» /albo niekiedy «iskrowym»/.









*Rodzina VI*

*i*

*Zakończenie.*



Kladu Naro

xx

## ROZDZIAŁ SZÓSTY.

## O promieniowaniu.

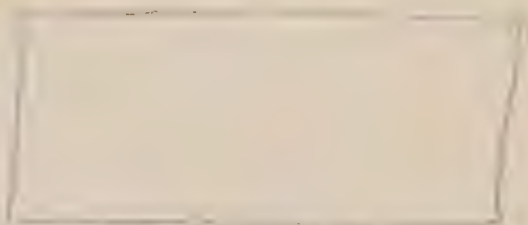
## § 184 Światło.

W zupełnej ciemności nic nie widzimy; widzimy tylko wtedy, kiedy jest *jasno*. Gdy słońce wschodzi na niebie, ciemność nocy przerzedza się i robi się jasno; powiadamy więc, że słońce *wydaje* lub *wysyła światło*, dzięki któremu widzimy. Podobnie podczas burzy w nocy błyskawice rzucają nagle i krótkotrwałe światło na cały widnokrąg. Płomień świecy lub lampy rozprasza ciemność w pokoju, więc wydaje światło, jak błyskawica lub słońce, tylko światło słabsze.

## § 185 Światło rozchodzi się po liniach prostych.

Przypuśćmy, że widzimy w ciemności światło (np. latarki) i że chcemy jak najprędzej dojść do ~~niej~~ skierujemy się wówczas wprost w tym kierunku, w którym ~~widzimy~~ światło, nie pójdziemy ani w prawo, ani w lewo. Wiemy z doświadczenia, że światło rozchodzi się *w prostych kierunkach*, że biegnie po liniach prostych.)

H) źródło światła  
H) obserwujemy



Linia prosta, po której biegnie światło, nazywamy promieniem.

Wzrosty jest np. świeca świecąca /rys. 153/ palący się w powietrzu i unoszący parzystościę dymu /rys. 154/ oraz promieni. z punktu  $a$  przechodzący przez

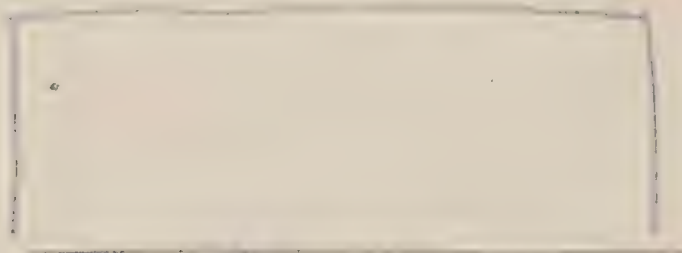
$ab$ ,  $bc$ ,  $cd$ , światło ze świecy świecącej  $a$  rozchodzi się po tych drogach  $ab$ ,  $bc$ ,  $cd$ . Jeżeli równomiernie przesłoniemy kartkę papieru w niewielkiej odległości od promienia, promienie  $ab$ ,  $bc$ ,  $cd$  nie będą przesłonięte kartką, która zatem na tych drogach otrzymała światło. Wskazuje to, że światło jest promienną materią, rozchodzącą się prosto.





§ 216. Ciężnia optyczna

Przebieganie światła wskazuje prostych promieni  
tętno powstaje nie dążąc w t.z. ciemni, a t. z.  
noś. Wskazuje sobie prostokątną okrywkę /rys. 100/,  
wypiętą z drzewa lub innego nieprzewodzącego  
materiału. W jednej ścianie okrywkę /tę ścianę nazwie-



Rys. 100.

W przedniej /zrobiono w niej otwór / w kształcie  
kręgu, o promieniu równym średnicy. W ścianie prze-  
ciwnej /tyłowej/ umieszczono krągki szklane sto-  
żka. Przyjmując, że w jednej odległości od otworu  
w najdalsze się mogą, możemy powiedzieć, że  
światło światła światła, bieżące na powierzchni otworu,  
światło powstaje wewnątrz otworu także w p. światła,  
które od p. światła do p. światła do p. światła światła  
do p. światła, które od p. światła do p. światła do p.  
światła światła do p. światła. Wskazuje więc bez trudu,  
że na przykład światło powstające wewnątrz otworu  
światła światła p.

Odbywając się w przedniej ścianie otworu,  
światło światła, światła światła światła, po-  
chodzące od światła światła światła, światła światła  
na światło, światła światła światła, światła światła  
plac światła. Wskazuje obraz światła nie światła  
utworzone światła światła.

akradu Na. or

wo





Zakładu Narodowy  
we L

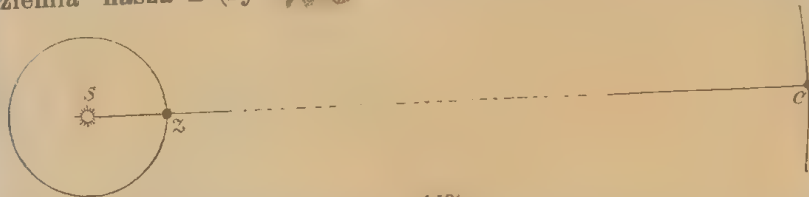


Zakładu Narodowego im. Ossolińskich  
we Lwowie.



### § 192. Słońce i gwiazdy stałe.

Słońce jest taką samą gwiazdą, jak inne gwiazdy, t. zw. *stałe*, których tyle widzimy na niebie; a jednak ukazuje się nam tak zgoła inaczej. Słońce nie tylko jest samo widzialne, lecz i rozświeca wszystko dokoła; tymczasem gwiazdy nie oświetlają ziemi (lub raczej oświetlają ją bardzo słabo). Otóż ta różnica tłumaczy się niezmiernem oddaleniem gwiazd. Najbliższa z pomiędzy gwiazd stałych (*planety*, jak Wenus, Mars, Jowisz, trzeba odróżnić od gwiazd stałych) znajduje się 260000 razy dalej od nas, niż słońce. Wyobraźmy sobie, że ziemia nasza *Z* (rys. 146), zamiast krążyć w swej obecnej



Rys. 146.

odległości od słońca *S*, odsuwa się od niego 260000 razy dalej, n. p. aż do *C* na rys. 146 na którym należy wyobrazić sobie punkt *C* oddalonym 260000 razy dalej od *S*, niż punkt *Z*. Ziemia *Z* w teraźniejszej odległości od słońca *SZ* zajmuje pewien ułamek kulistej powierzchni *Z* (zatoczonej dokoła słońca promieniem *SZ*) i otrzymuje odpowiedni ułamek całego światła, wysyłanego przez słońce na wszystkie strony. Jeśli odległość *SC* jest znacznie większa, niż *SZ*, powierzchnia kulista o promieniu *SC* jest nieporównanie bardziej rozległa, niż powierzchnia kulista o promieniu *SZ*; zatem ta sama ziemia przeniesiona do *C*, wykrawałaby bez porównania *mniejszy ułamek* powierzchni *C*, więc otrzymywałaby bez porównania *mniejszy ułamek* całego światła, wysyłanego przez słońce, niż ten, jaki dziś otrzymuje.

W takim właśnie położeniu znajdujemy się względem gwiazd t. zw. stałych. Otrzymujemy niezmiernie drobne ułamki całkowitego światła, jakie one wysyłają; dlatego gwiazdy wydają nam się na niebie li tylko świecącymi *punktami*. W istocie są to słońca olbrzymie, często większe i potężniejsze od naszego słońca; wszechświat zaś zawiera miliony i miliony takich słońc, które żarzą się w niezmiernych odległościach od siebie.

Wydruk z Księgi  
Zakładu Narodowego im. Ossolińskich  
we Lwowie.

219

## § 198. Prędkość rozchodzenia się światła.

Z jaką prędkością rozchodzi się światło? Co o tem możemy powiedzieć z codziennego naszego doświadczenia? Tylko tyle, że światło musi rozchodzić się z nadzwyczaj znaczną prędkością. Wiemy n. p., że błysk wystrzału armaty dobiega nas znacznie wcześniej od grzmotu. A wszakże głos rozchodzi się prędko; w powietrzu przebywa on 340 metrów w ciągu sekundy (§ 198). A zatem światło musi iść jeszcze znacznie prędzej od głosu. Uczeń zmierzył prędkość rozchodzenia się światła; przekonali się ~~on~~ że światło przebiega 300000 km w ciągu sekundy. A zatem światło biegnie około 900000 razy prędzej od głosu; w tym samym czasie, w którym ~~on~~ huk wystrzału oddalił się dopiero o jeden milimetr od miejsca wystrzału, błysk wystrzału zdołał już od tego miejsca odbieść blisko o cały kilometr.

## § 199. Odległość ziemi od słońca i gwiazd.

Ziemia krąży dokoła słońca w średniej odległości, wynoszącej 148700000 kilometrów. Dzieląc tę liczbę przez 300000, otrzymujemy (niepełna) 496. A zatem światło zużywa blisko 496 sekund, czyli przeszło 8 minut czasu, ażeby przebyć odległość od słońca do ziemi. Najszybszy pociąg z pomiędzy tych, jakie biegają obecnie na kolejach żelaznych, musiałby pędzić bez ustanku przez 350 lat, ażeby nas zawieść na słońce; to porównanie uczy, jak niezmiernie wielka jest prędkość, z jaką rozchodzi się światło. Widzimy zarazem, że, gdyby w pewnej chwili słońce nagle zgasło, spostrzegliśmy to wydarzenie na ziemi dopiero po upływie 8 minut od chwili zgaśnięcia.

Najbliższa z pomiędzy gwiazd znajduje się 260000 razy dalej od nas, niż słońce. (§ 199). A zatem światło tej gwiazdy biegnie przez przeszło dwa miliony minut, czyli przez 4 lata mniej więcej, zanim dobiegnie do ziemi. Inne gwiazdy znajdują się jeszcze dalej. Gwiazda *Syrjusz* n. p. znajduje się tak daleko, że światło jej biegnie przez blisko 9 lat, zanim dobiegnie do ziemi. Tymczasem, gdyby światło mogło przejść przez kulę ziemską, odbyłoby ono w ciągu  $\frac{1}{3}$ -ej części sekundy drogę prostą od bieguna północnego do południowego. Jeżeli zważymy, jak niezmiernie małą cząstką 9-ciu lat jest  $\frac{1}{3}$ -cia część sekundy, dojdziemy do wniosku, że cała nasza ziemia wobec wszechświata jest jak gdyby kropelką wobec oceanu.





203

212. Odbijaniu się światła.

Do dalszych doświadczeń ok. 20 się użytecznym przed-  
rzęd, wyobrażony na rys. 163-1. Widzimy tam okładkę plus-



kie pudełko BB zrobione z bla-  
chy; ściana tylna jest blaszana,  
przednią stanowi szron szklany,  
przez którą wiążą wewnątrz przed-  
rzędu. W niej jest a na obwodzie  
wyolite szczebelki, przez którą

wpuszczamy wiązkę światła do wnętrza pudełka. Jeżeli  
środek O jest wolny, przez nie nie zajdzie, światło biegnie  
nie po drodze prostej do a do b i dalej do a'; w a'  
utworzy się płaska światłowa, obraz szczebelki a. Umieszczamy  
teraz w tylnej ścianie pudełka szkiełko zwierciadło ozłote  
lustro L t.j., żeby najłatwiej zrobić L. Płaska światłowa,  
stworzona obraz szczebelki, nie utworzy się teraz w a'  
lecz w a'', zwierciadło zmienia kierunek biegu promieni,  
odwraca je od Os' do Os''. Powiadamy, że zwierciadło odbija  
promienie światła.

Jeżeli wprowadzimy nieco dymu do wnętrza przed-  
rzędu, uwidocznią się promienie światła w powietrzu; zo-  
baczymy wówczas promienie padające Os' i odbite Os''.

Ustawiamy zwierciadło L najprzód tak, żeby było pro-  
stopne do padających promieni. Wówczas światło odbija  
się kątem prostym do szczebelki; nie widzimy wówczas,  
odbitego szeregu /rys. 164, 1/. Gdy ustawiamy zwierciadło



jak na rys. 164-2, t.j., promienie  
padające są bardziej zbliżone do  
długości części zwierciadła;  
wówczas obraz szczebelki a' ukła-  
duje się w górze, zatem odbite

...  
Kraju Narodow  
we l



204

promienie, pochylili się ku różnej części zwierciadła. I przeciwnie: gdy promienie padające są bardziej zbliżone do różnej części zwierciadła /rys. 164, 167/, promienie odbite pochylają się ku jednej, więc obraz szczeliny s zjawi się u dołu.

### § 213. Prawo odbijania się światła.

Wstęp Potrzebujemy dokładniej prawo odbijania się światła, wyobraźmy sobie, że po równoległym prostokącie do p /szczytny zwierciadło Z /w artykule poprzednim/, w tym miejscu, gdzie trafia je promień światła, wychodzący ze szczeliny s /rys. 163/. Kierunek tej prostokątnej wskazuje przybliżenie ciałki drucik p, utwierdzonej prostopadle do zwierciadła, jak pokazuje rys. 163. Promień so możemy nazwać padającym, promień os odbitym. Dla swego rodzaju nazwijmy jeszcze kąt so /tworzony przez promień padający z kierunkiem prostokątnej p/ kąt padania i podobnie kąt os - kąt odbicia. Widzimy natychmiast, że możemy zmierzyć kąt padania i odbicia na naszym przyrządzie; wystarczy w tym celu zmierzyć kąt sp, ps na jego obwodzie.

Wniosek Teraz, jeśli promieniowi so na zwierciadło Z, zamierzamy dokładnie mierzyć odbicie s i zmierzmy kąty so, os. Okazuje się, że one są równe. Jakkolwiek jest kąt padania /np.  $35^{\circ}$ ,  $30^{\circ}$  itd./, kąt odbicia jest mu równy. Jeżeli promień padający jest skierowany prostopadle do zwierciadła kąt padania jest zerem; promień odbity jest wówczas również prostopadły do zwierciadła, kąt odbicia równy jest zatem także zeru. Kąt odbicia równy się zawsze

WYDAWNICTWO  
Zakładu Narodowego im. Ossolińskich  
w Lwowie.





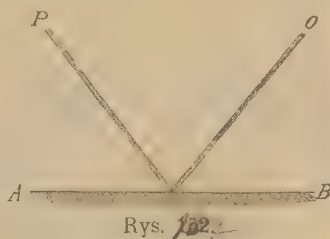
WYDAWNICTWO KSIĄŻEK S. KOŁNYCH  
Zakładu Narodowego im. Ossolińskich  
w Lwowie.

# § 194 Rozpraszanie się światła.

Wyobraźmy sobie dwie powierzchnie: jedną  $AB$  (rys. 162) gładką, równą, zbitą, jaką okazuje szkło, rtęć lub wypolerowany metal; drugą  $CD$  (rys. 161), nierówną, ziarnistą, chropowatą, pełną drobnutkich wyniosłości i zagłębień. Taką powierzchnię ma zwyczajnie papier, gips, drzewo (nie pokryte



Rys. 161



Rys. 162

politura), płótno; taką również ma skóra naszego ciała. Snop światła  $P$ , padającego na pierwszą powierzchnię, daje podobny snop światła odbitego  $O$ , gdyż wszystkie jego promienie odbijają się jednakowo od powierzchni  $AB$ . Inaczej dzieje się na powierzchni  $CD$ . Jedne promienie odbijają się od wyniosłości tej powierzchni; inne pójdą głębiej, jak gdyby wchodząc nieco w głąb ciała; na powierzchni ciała utworzy się jak gdyby cienka skórka, do której światło wchodzi i z której napowrót wychodzi. Łatwo zrozumieć, że wychodzące światło nie utworzy już snopu, lecz rozprószy się we wszystkich kierunkach; będzie to, jak zwykle mówimy, światło rozprószone. Światło, które nazywamy „dziennem“, jest światłem słonecznem, roz-

prószonem w odbiciu od chmur i od przedmiotów, jakie wkoło nas się znajdują.

Kiedy snop światła odbija się od czystego zwierciadła w ciemnym pokoju, wówczas widzimy obraz odbity, ale samego zwierciadła dostrzedz prawie nie możemy; to znaczy, że całe światło odbite idzie tylko w jednym kierunku. Jeśli zwierciadło jest zapyłone, widzimy je, przeciwnie, z różnych miejsc w pokoju; wtedy przynajmniej część światła się rozprasza. Podstawmy rękę, papier lub płótno pod snop padającego światła; nigdzie nie zobaczymy wyraźnego odbitego obrazu, lecz ręką napelni się białem, nieco mdłym światłem rozprószonem. Pomiędzy rozpraszaniem się a odbijaniem się światła zachodzi więc istotna różnica. Dzięki światłu rozprószonemu widzimy ciało, które je rozprasza; dzięki światłu, wyłącznie tylko odbitemu, widzielibyśmy jedynie ciało, które je rzeczywiście wysyła.

mijano

Transyurej





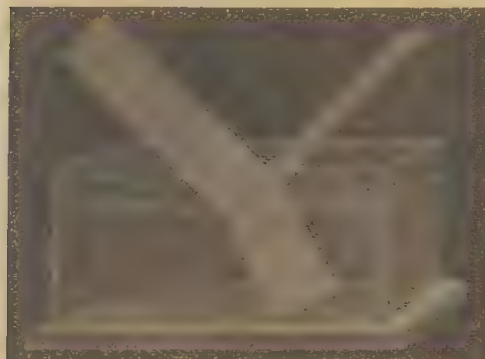
§ 199. Widzimy nie tylko świecące, ale i oświetlone przedmioty.

Słońce wysyła światło, jest ciałem świecącym. Gwiazdy stałe, jak Syryusz n. p., są również świecącymi ciałami. Ale planety i księżyc same przez się nie świecą; światło ich jest tylko światłem słonecznym odbitem. Płomień lampy, ogień na kominku, pasemko węgla w zasilanej przez prąd lampce żarowej (§ 166), kawałek fosforu, robaczek świętojański — wszystko to są ciała świecące. Natomiast mnóstwo otaczających nas ciał nie świeci; ziemia n. p., kamienie, woda, przedmioty drewniane, metalowe, gliniane, sukno, płótno i t. d. są niewidzialne w ciemności i stają się widzialne dopiero, gdy są oświetlone, t. j. gdy światło pada na nie skądinąd. A zatem widzimy wszystkie te ciała tylko dzięki światłu, które one odbijają i rozpraszają. W ten sposób n. p. widzimy smugi światła, jeśli promienie słoneczne wchodzą do pokoju przez szczeliny i szpary i jeśli dużo pyłu unosi się w powietrzu, lub też, gdy puściliśmy umyślnie obłoczek dymu w drogę promieni.

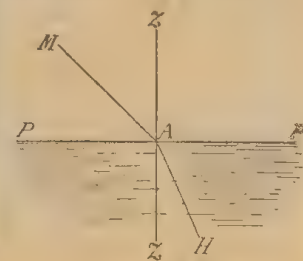
*H metalowe*

§ 200. Załamywanie się światła.

Puścimy płaską smugę światła na powierzchnię wody, jak pokazuje rys. 153. Zobaczymy przebieg światła przez powietrze i wodę, jeśli wprowadzimy obłoczek dymu do powietrza, a do wody dodamy nieco mleka. W powietrzu widzimy dwie smugi: jedną światła padającego, drugą — odbitego; w wodzie widzimy również smugę, ale nie stanowi ona przedłużenia w prostym kierunku smugi, padającej na wodę. Poprowadźmy linię  $PP$  po-



Rys. 153.



Rys. 154.

ziomo; niechaj ona wyobraża powierzchnię wody (rys. 154). Poprowadźmy inną linię  $ZZ$  pionowo, więc prostopadle do pierwszej. Niechaj  $MA$  wyobraża kierunek światła, padającego na wodę; światło, idące przez wodę, ma wówczas kierunek  $AH$ , oddaliło się więc od  $AP$ , i zbliżyło do  $ZZ$ . Powiadamy, że światło załamało się w przejściu z powietrza do wody.

THE  
LIBRARY OF THE  
MUSEUM OF NATURAL HISTORY  
NEW YORK

# § 127. Prawo załamania się światła.

Jeby poznać prawo załamania się światła, porzućmy się przegrodę, którą opisywaliśmy w § 112-ym. Zamknijmy go od przodu cienką szklaną, nakrywszy ten przegrodę wodą aż po ówdek II; przez szklaną I wstępującą światło przechodzi prosto. Gdy właściwie przebiega promień w powietrzu i w wodzie, zachowuje się tak, jak myślny duży /długo i kilka itd itp./ jak w artykule poprzednim.

Uważajmy teraz rzadziej jednego promienia; widzimy go na rys. 17-ym. Promień padający AB schodzi się,



przechodząc z powietrza do wody i schodzi się w wodzie promień BC; utworzy on odcinek tego samego promienia BC w powietrzu, ale ten promień oddaje dla ugięcia opóźnienia na rysunku.

Przez ówdek I poprowadźmy prostą AD do powierzchni wody. Kąt BAD nazywamy kątem padania, kąt BCD - kątem załamania.

Promień schodzi się tam, gdzie jest bardziej gęsty w przypadku schodzenia /w powietrzu, przechodząc przez promień padający i przez prostą AD do powierzchni powietrznej. Ale kąt załamania nie jest równy kątowi padania. Jeśli światło przechodzi z powietrza do wody, kąt załamania jest zawsze mniejszy od kąta padania.

Jeżeli światło przechodzi z powietrza do wody /różnej / AD i z powietrza do powietrza / AD. Wpływ tych odchyśleń, w razie, gdy światło przechodzi z powietrza do wody,



WYDAWNICTWO KSIĄZEK SIKOLSKICH  
Zakładu Narodowego im. Ossolińskich  
we Lwowie.

wypada jak następuje:

$$SH : S'K = 4 : 3$$

-Przypuśćmy teraz, że szczelina znajduje się nie w S, lecz w T, tak iż TO jest padającym, OT' załamany promieniem. Powtarzając pomiar, podobnie jak wykonaliśmy go w położeniu poprzednim szczeliny, znajdujemy

$$TM : T'N = 4 : 3$$

- stosunek 4 : 3 dla uważanej pary ciał /powietrza i wody/ jest więc stały, nie zależy od położenia szczeliny na obwodzie pudełka t.j. nie zależy od kątów padania i załamania. Ten stosunek nazywa się współczynnikiem załamania światła / w przejściu z jednego ciała do drugiego/. Zazwyczaj przypuszczamy, że jednym z uważanych dwóch ciał jest powietrze; mówimy więc o współczynniku załamania światła w wodzie lub w szkle w odniesieniu do powietrza.

/ Gdyby światło wpadało do wody w miejscu S' i szło do O jako promień S'O, załamałoby się w przejściu z wody do powietrza i wytworzyłoby promień załamany OS.

Współczynnik załamania powietrza w odniesieniu do wody wynosi więc widocznie 3 : 4.

#### § 208. Dlaczego światło załamuje się w przejściu z powietrza do wody.

Światło, jak powiedzieliśmy, rozchodzi się z prędkością 300000 km na sekundę. Jest to prędkość zwyczajna, z jaką światło biegnie przez przestworza puste lub prawie puste, n. p. pomiędzy słońcem a ziemią; z tą prędkością światło biegnie również w powietrzu. Lecz (światło przez inne ciała) biegnie powolniej; n. p., rozchodząc się w wodzie, przebywa około 225000 km w ciągu sekundy czyli mniej więcej trzy czwarte drogi, jaką przebywa w tym samym czasie w powietrzu. Zatem, gdy w powietrzu światło ujdzie 4 centymetry, w wodzie ujdzie w tym samym czasie tylko 3 centymetry.

Ta mniejsza w wodzie niż w powietrzu prędkość światła jest przyczyną załamania się światła w przejściu z powie-

*Samą niemal*

*ant*





nijako

trza do wody. Przypuśćmy, że istotnie na powierzchnię wody  $PP$  (rys. 154) pada snop, czyli wiązka promieni światła. Widzimy na rysunku dwa promienie tej wiązki,  $MA$  i  $ND$ , które stanowią jej granice. Światło będzie *naraz* wszystkimi promieniami wiązki, więc ~~uważa~~ jest jednocześnie w  $M$  i w  $N$ , potem w  $R$  i w  $T$ , jednym słowem posuwa się ~~cała~~ naprzód ~~jak~~ liniami:  $MN$ ,  $RT$ ,  $AB$  i t. d. Taka linia nazywa się *czołem* wiązki świetlnej. Jeśli wiązka świetlna pada na wodę ukośnie (jak na rysunku), wówczas promień  $MA$  dobiega do wody nieco wcześniej, niż promień  $ND$ ; gdy pierwszy jest w  $A$ , drugi jest dopiero w  $B$ . Pierwszy promień wchodzi teraz do wody; drugi będzie jeszcze przez powietrze. Światło będzie powolniej w wodzie, niż w powietrzu; w tym czasie, w którym drugi promień od  $B$  dojdzie do  $D$ , pierwszy promień odbędzie w wodzie drogę krótszą; przeto czoło wiązki w wodzie nie będzie nachylone tak samo, jak  $MN$ , jak  $RT$ , jak  $AB$ ; lecz cofnie się ~~niedaleko~~ wstecz stroną pierwszego promienia, czyli będzie położone tak, jak  $ED$  ~~n.p.~~, jak  $FG$ , jak  $HI$  ~~st.p.~~. A zatem kierunek rozchodzenia się światła w wodzie będzie inny, niż w powietrzu; będzie mianowicie bardziej zbliżony do prostej *dolnej*  $AZ$ , prostopadłej do powierzchni  $PP$ .

Przypuśćmy teraz, że światło pada na powierzchnię  $PP$  prostopadle (a więc tak, jak n. p.  $ZA$  na rys. 154.). Czoła w wiązce padającej są wówczas równoległe do  $PP$  i wszystkie promienie światła wchodzi do wody w tej samej chwili. A zatem niema teraz powodu, ażeby czoła wiązki nachyliły się w wodzie inaczej, niż w powietrzu, ażeby przestały być równoległe do  $PP$ . Światło w wodzie pójdzie w poprzednim kierunku (w kierunku  $AZ$  na dół); światło nie załamuje się, gdy wchodzi do wody prostopadle do jej powierzchni.

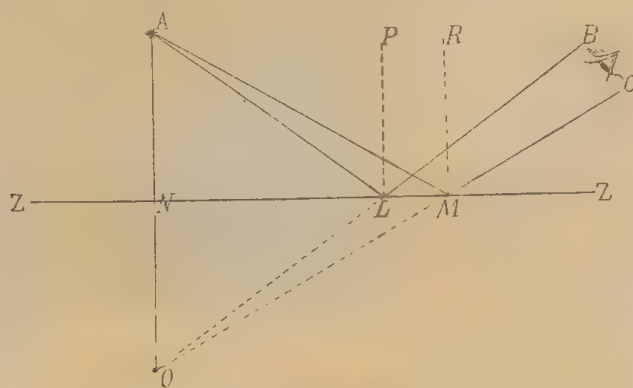


Rys. 15b.

we Lw

# § 202 O obrazach odbitych.

Przypuśćmy, że na zwierciadle  $ZZ$  (rys. 172) pada promień światła  $AL$ , idący od źródła  $A$ . Odbija się on od  $ZZ$  w miejscu  $L$ , przypuśćmy w kierunku  $LB$ . Lecz  $A$  wysyła promienie we wszystkie strony. Inny więc promień, n. p.  $AM$ ,



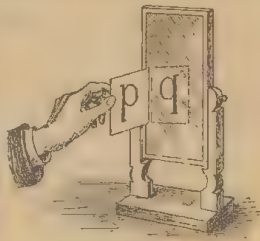
Rys. 172

odbija się w  $M$  i pójdzie wzdłuż  $MC$ . Promienie  $LB$  i  $MC$  rozchodzą się, podobnie jak rozchodzą się promienie  $AL$  i  $AM$ . Albowiem, skoro  $AM$  jest bardziej pochylony ku  $ZZ$ , niż  $AL$ , więc i  $MC$  musi być bardziej pochylony ku  $ZZ$ , niż  $LB$  (zob. § 157). Przedłużając  $BL$  i  $CM$  poza linię  $ZZ$ , widzimy, że  $BL$  i  $CM$  przeninają się w miejscu  $O$ ; to miejsce  $O$  leży na prostej  $ANO$ , prostopadłej do  $ZZ$ . Jeśli patrzymy od strony  $BC$ , promienie  $LB$  i  $MC$  sprawiają w oku takie wrażenie, jak gdyby były wyszły z punktu  $O$ ; albowiem przedłużamy bezwiednie  $BL$  i  $CM$  aż do przecięcia się w  $O$ , i pomimowoli przypisujemy promienie  $LB$  i  $MC$  istniejącemu źródłu  $O$ , które wysyłałoby je rzeczywiście, gdyby ono tam było, a zwierciadła wcale nie było. Tym sposobem powstaje w  $O$  t. zw. obraz punktu  $A$ , widziany w zwierciadle. Tak samo powstają obrazy całych przedmiotów, odbijane przez zwierciadła, szyby lustrzane, przez powierzchnie wód i t. d.

H 212, 213.

Możemy przekonać się na rysunku 173-y, że odległość  $ON$  jest równa odległości  $AN$ . Tak bywa zawsze przy tworze-

niu się obrazów odbitych: im dalej od powierzchni zwierciadła znajduje się punkt, wysyłający promienie, tem dalej od tej, powierzchni widzimy obraz. Łatwo więc zrozumieć, że obraz odbity każdego przedmiotu będzie położony przeciwnie, niż sam przedmiot względem odbijającej powierzchni; n. p. litera  $p$  będzie wyglądała w odbiciu jak litera  $q$  (rys. 173-173)



Rys. 173.

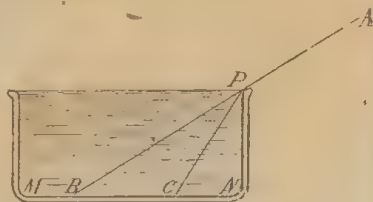


WYDAWACTWO KSIĘŻKI I PIENYD  
Zakładu Narodowego im. Ossolińskich  
we Lwowie.

108  
2.12

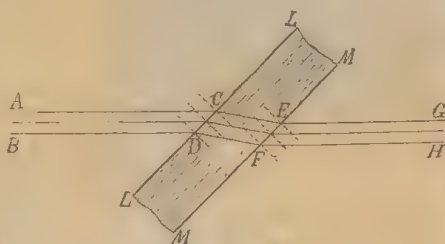
# § 203. Niektóre zjawiska, polegające na załamaniu się światła.

Promienie światła w przejściu z wody do powietrza załamują się przeciwnie, niż w przejściu z powietrza do wody (§ 200); mianowicie oddalają się wówczas od linii, prostopadłej do powierzchni granicznej. Możemy to okazać zapomocą prostego przyrządu. Weźmy prostokątne pudełko  $MNP$  i narysujmy podziałkę na jego dnie (rys. 158). Patrząc od  $A$ , widzimy wówczas część  $MB$  podziałki; resztę  $BN$  zasłania ścianka  $NP$  samego pudełka. Napełnijmy pudełko wodą i patrzmy z tego samego miejsca  $A$ , z którego spoglądaliśmy wprzód; dzięki załamaniu się światła widzimy dalszą część podziałki, sięgającą n. p. do  $C$ . Podobnym sposobem można wytłómaczyć, dlaczego kij, zanurzony do połowy w wodzie tak, ażeby był nachylony ku powierzchni wody, wydaje się jak gdyby złamany.



Rys. 158

Ponieważ w przejściu ze szkła do powietrza światło załamuje się wprost przeciwnie, niż w przejściu z powietrza do szkła, zatem łatwo zrozumieć, że promienie światła, jak  $AC$ ,  $BD$  i t. d. (rys. 159), trafiawszy na



Rys. 159

płytkę szklaną o równoległych ścianach  $LLMM$ , nachyloną do nich ukośnie, pójdą dalej, jak  $EG$ ,  $FH$  i t. d., równolegle do pierwotnych kierunków. Dwa przeciwne sobie załamania każdego promienia znoszą się, jak widzimy na rysunku; snop promieni nie zmieni ostatecznie kierunku, przesunie się tylko, n. p. jak na rys. 159-ym, ku dołowi; oczywiście przesunie się tem mniej, im płytka jest cieńsza.

Światło załamuje się nie tylko w przejściu z jednego ciała do innego. Gdy mieszamy wodę zimną z bardzo gorącą, spostrzegamy smugi migotliwe, które błyszczą przez chwilę i niebawem znikają. Jest to objaw załamania się światła w przejściu z wody zimnej do gorącej. Podobne zjawiska dzieją się w atmosferze; są one powodem, że światło nie biegnie przez atmosferę dokładnie prostolinijnie; n. p. światło słońca pod koniec każdego dnia jeszcze przez niejaki czas nas dochodzi, chociaż słońce już zaszło i znajduje się pod widnokregiem.

## § 204. Soczewka.

Weźmy t. zw. „szkło palące” czyli soczewkę wypukłą, wyróbną ze szkła. (Soczewka wypukła jest to ciało o takiej postaci, jaką otrzymalibyśmy, złożywszy dwa szkiełka od zegarka wklęsłymi stronami do siebie). Jak wiadomo, szkło palące gromadzi promienie n. p. słoneczne  $SSS$  (rys. 160) w jednym



Rys. 160.

miejscu  $F$  t. zw. ognisku soczewki. Zbliżajmy do soczewki ćwiartkę papieru po stronie odwrotnej od słońca; w odległości  $F$  zobaczymy punkt bardzo jasny, w którym papier niebawem zwęgla się; zapalka tam umieszczona zapala się. A zatem w punkcie  $F$  skupiają się nie tylko

13

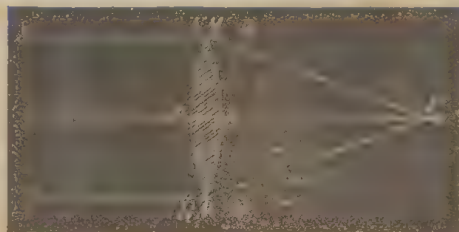
LAKIA



światłne i ciepłne objawy promieniowania słońca.

(Co się tu dzieje? Wyobraźmy sobie wiązkę słonecznych promieni SA, SC, SB, padających na soczewkę, jak okazuje rysunek 177.- Promienie te uważamy za równoległe, ponieważ słońce znajduje się niezmiernie daleko. Na rysunku widzimy /kropkowane/ czoła wiązki padającej; jednym z tych czoł jest ACB. Kiedy światło biegnące wzdłuż promienia SC doszło do C i wkracza do szkła, światło biegnące wzdłuż SA jest w A i posuwa się naprzód przez powietrze. Kiedy światło wzdłuż SC dojdzie do E, światło idące wzdłuż SA odbędzie drogę dłuższą i dojdzie np. do D. Łatwo więc zrozu-

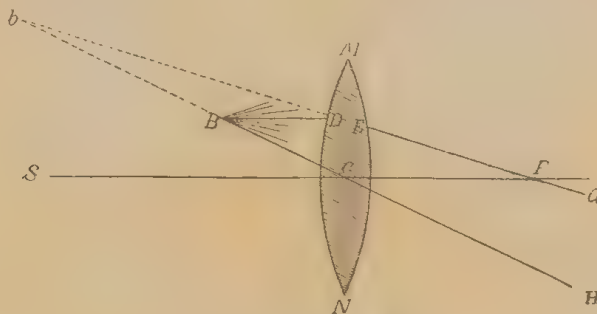
mieć, że czoło wiązki zakrzywi się; zamiast być płaskie, jak wprzód, będzie wklęsłe ku F, jak DEH. Lecz skoro pierwsze czoło jest zakrzywione i wklęsłe ku F, przeto i następne (które na rysunku widzimy kropkowane) będą zakrzywione i wklęsłe ku F; innymi słowy światło od wszystkich części soczewki pójdzie ku F i skupi się w F, t. j. w ognisku soczewki.



Rys. 1617.

### § 222. Obrazy pozorne.

Niechaj MN (rys. 178.) wyobraża soczewkę, której ognisko jest p w F; C jest środkiem soczewki; płaszczyzna, idąca przez punkty M, C, N i prostopadła do linii SCF jest poprzecznym przecięciem soczewki sama zaś linia SCF jest osią soczewki. Przypuśćmy, że blisko soczewki, np. w miejscu B,



Rys. 178.

znajduje się punkt, który wysyła światło. Z miejsca B rozchodzą się więc promienie na wszystkie strony; z pomiędzy tych promieni uważajmy dwa, mianowicie: 1) promień BD, równoległy do osi soczewki; 2) promień BC, skierowany ku środkowi soczewki. Pierwszy BD, po załamaniu się w soczewce,

Wydawnictwo  
Zakład Narodowy  
we Lwowie



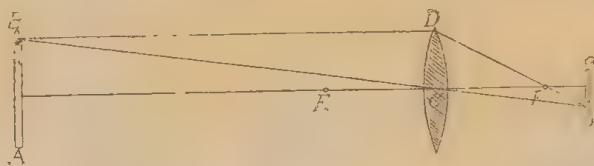
przejdzie przez ognisko, zatem pójdzie jak  $EF$  na rys. 162; to nam już wiadomo z § 204-go. O drugim promieniu  $BC$  możemy powiedzieć, że pójdzie dalej w pierwotnym kierunku, zatem jak  $CH$  na rys. 162.; albowiem cząstka powierzchni, przez którą ten promień wchodzi do soczewki, oraz cząstka, przez którą z niej wychodzi, są równoległe do siebie; zatem część soczewki, przez którą promień  $BCH$  przebiega, jest dla niego jakby płytka o równoległych ściankach (§ 203.); reszta zaś soczewki nie wywiera wpływu na bieg tego promienia. Widzimy, że właściwie  $CH$  będzie linią, równoległą do  $BC$ , nieco względem niej przesuniętą; lecz to drobne przesunięcie zaniedbujemy na rysunku. A zatem promienie  $BD$  i  $BC$  pójdą za soczewką jako  $EFG$  i  $CH$ . Jeśli patrzymy od strony  $HG$ , promienie te sprawiają na nas wrażenie, jak gdyby były wyszły z punktu  $b$ ; albowiem przedłużamy bezwiednie  $GFE$  i  $HC$  aż do przecięcia się w  $b$  i przypisujemy promienie  $EFG$  i  $CH$  nieistniejącemu źródłu  $b$ , które wysyłałoby je rzeczywiście, gdyby znajdowało się w  $b$  rzeczywiście i gdyby soczewki wcale nie było. Tym sposobem powstaje w  $b$  „obraz” punktu  $B$ , utworzony przez soczewkę.

#### § 206. Obrazy rzeczywiste.

Przypuszczaliśmy w artykule poprzedzającym, że przedmiot, rozpatrywany przez soczewkę, znajduje się od niej w odległości nieznacznej i że oko widza, umieszczone ze strony przeciwnej, patrzy na ów przedmiot przez soczewkę nawskróś. Promienie wstępowały do oka rozbieżnie, jak gdyby obraz, utworzony przez soczewkę, a nie sam przedmiot był źródłem, które je wysyła.

Odsuńmy teraz przedmiot od soczewki na znacznie większą odległość. Wówczas promienie wychodzą z soczewki zbieżnie, przecinają się za soczewką. Wszak widzieliśmy w art. 294-ym, że promienie, idące od słońca, gdy padną na soczewkę i przejdą przez nią, zbierają się w jednym punkcie, mianowicie w ognisku jej  $F$ . Uważajmy ~~na~~ jakibądź duży przedmiot  $AB$  (rys. 163.) (n.p. świecę zapaloną) i umieśmy go, jak na rys. 163-im, daleko od soczewki, mianowicie dalej, niż ognisko jej  $F_1$ . Jak w art. 202. Prowadzimy promień  $BD$ , równoległy do osi, oraz promień  $BC$  przez środek soczewki  $C$ . Po przejściu

przez soczewkę, promienie te przecinają się teraz w punkcie  $b$ . W podobny sposób biegną i przecinają się inne promienie, pochodzące od innych punktów przedmiotu  $AB$ . Widzimy, że



Rys. 163

w  $ab$  powstanie mały i odwrócony obraz przedmiotu  $AB$ ; widzimy zarazem, że powstanie on skutkiem istotnego przecięcia się promieni. Gdybyśmy umieścili za soczewką, w odległości odpowiedniej, kartę białego papieru albo szkło matowe, dostrzeżlibyśmy rysujący się tam małeńki, odwrócony obraz świecy. Obraz przeto  $ab$  nazywamy rzeczywistym.

Uważajmy powtórę przedmiot drobny  $AB$  (rys. 160), który znajduje się znacznie bliżej soczewki, niż przedmiot poprzedni, n.p. ~~na~~  $AB$  na rys. 160. Prowadzimy promień  $BD$ , równoległy do osi, oraz promień  $BC$  przez środek soczewki  $C$ . Po przejściu

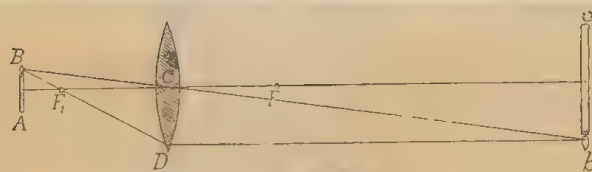
H 178 - nym

Przedmiot podobnie jak inny, promienie, wychodzący z punktu B, dochodzą również do tego samego punktu b.

H 221



WYDAWNICTWO KSIĄŻEK SZKOLNYCH  
Zakładu Narodowego im. Ossolińskich  
w Lwowie.



Rys. 180

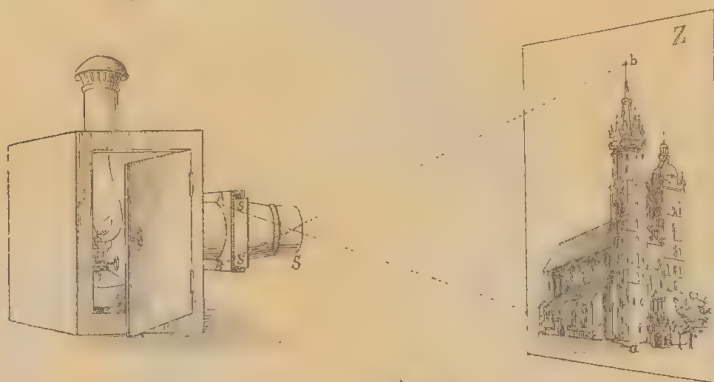
przypadek jest niejako odwróceniem poprzedniego. Rozumując w znany już sposób, dochodzimy do wniosku, że drobny przedmiot  $AB$  daje tutaj obraz  $ab$ , znacznie *większy* od samego przedmiotu i *odwrócony*.

Ilekoć razy przedmiot jest ustawiony w większej odległości od soczewki, aniżeli jej ognisko, tylekoć razy utworzy się po przeciwnej stronie soczewki obraz *rzeczywisty*, zawsze *odwrócony*. Powiadamy przytem: obraz jest *zmniejszony*, jeśli przedmiot jest odległy; *powiększony*, gdy ustawiamy przedmiot blisko ogniska.

Przeciwnie, ilekoć razy przedmiot jest ustawiony w mniejszej odległości od soczewki, aniżeli własne jej ognisko, tylekoć razy, jak widzieliśmy wyżej (§ 200), tworzy się obraz *pozorny*, położony po tej samej stronie soczewki, po której znajduje się przedmiot.

#### § 204 Latarnia magiczna.

Powszechnie znany przyrząd, zwany *latarnią magiczną*, stanowi przykład sposobów otrzymywania obrazów rzeczywistych (rys. 181).



Rys. 181

Mały przeźroczysty (na szkło ss wykonany) rysunek  $AB$ , umieszczony przed soczewką  $S$ , mianowicie nieco dalej, niż jej ognisko, stanowi tu *przedmiot* artykułu poprzedzającego. Oświetlamy go silnie zapomocą lampy, ukrytej wewnątrz latarni. Mamy tu oczywiście przypadek ten sam, jak poprzednio na rys. 180ym. Włożywszy rysunek w położeniu *odwróconem*, widzimy wówczas na zasłonie  $Z$  obraz rzeczywisty, powiększony tego rysunku w położeniu właściwym.

IN THE  
ATTEST  
WITNESSES



## § 235. O fotografii.

Przypadek fotograficzny jest cieńnię i tępem /sob. /  
 [ 236/, której przednio ściennie jest suszająca w so-  
 czeńki 1 /ry. 102/; ściennie tylną, umieszczoną naprze-  
 ciwno soczewki, stanowi, jak w zwykłej cieńni, szybę  
 szklaną matową 1. W tym to przypadku rys. 172- o w 1  
 235-ia. Przedmiotem jest odległy obiekt 12, w którym  
 krajoznaz, osoba, cokolwiek bądź wreszcie, co z daleka przysyła lub odbija

światłne promienie. Na szybie matowej tworzy się obraz rze-  
 czywisty, zmniejszony i odwrócony przedmiotu. Obraz ów  
 utrwalić — jest zadaniem fotografii. Wysunąwszy szybę ma-  
 tową, (która służyła do obejrzenia obrazu), wstawiamy na jej  
 miejsce t. zw. *kliszę* czyli szklaną płytkę, na której znajduje  
 się cienka warstewka *żelatyny* (rodzaju kleju), zmieszanej  
 z bromkiem srebrnym. Pod wpływem światła ciało to roz-  
 kłada się, wydzielając ciemny proszek; tym sposobem w naj-  
 bardziej jasnych miejscach obrazu otrzymamy najsilniejsze



Rys. 182.

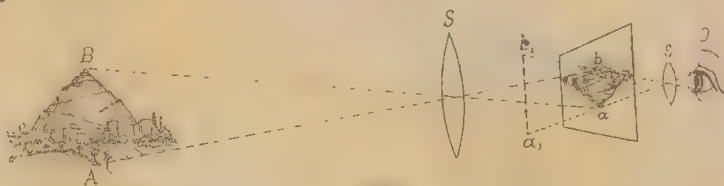
przyciemnienie czyli zczernienie na kliszy, w miejscach zaś  
 stosunkowo ciemnych (n. p. (ubranie czarne) ciemne włosy  
 i t. p.) bromek srebrny, zmieni się bardzo mało i pozostanie  
 tam przezroczysty. Otrzymamy zatem t. zw. *negatywę* czyli  
 rysunek *ujemny*, w którym cienie i światła rozłożone są wprost  
 przeciwnie, niż w rzeczywistości. Mając taką negatywę, trzeba  
 uczynić ją nieczułą na dalsze działanie światła, co uskutecz-  
 niamy przez wypłukanie niezmiennego bromku srebrnego.  
 Z utrwalonej tym sposobem kliszy (negatywy) możemy zdjąć  
 dowolną liczbę *kopii* czyli *pozytyw* (rysunków dodatnich).  
 W tym celu podkładamy pod kliszę kartkę (papieru do kopjo-  
 wania) czyli fotograficznego. Jest to papier zwyczajny, na któ-  
 rym rozprowadzono znów cienką warstewkę połączeń srebro-  
 wych, czerniejącą pod działaniem światła. Pod jasnymi, prze-  
 zroczystymi częściami negatywy papier zczernieje, nie zmieni  
 się natomiast pod miejscami czarnymi i nieprzezroczystymi;  
 otrzymamy więc na papierze rysunek dodatni, (w którym cie-  
 nie i światła rozłożone są tak samo, jak w rzeczywistości),

WYDAWNICTWO KSIĄŻEK SZKOLNYCH  
Zakładu Narodowego im. Ossolińskich  
we Lwowie.

i trzeba będzie tylko utrwalic ten rysunek, (podobnie jak poprzednio utrwaliliśmy kliszę), ażeby uzyskać skończoną fotografię.

### § 206 Luneta.

Dużą soczewkę wypukłą  $S$  (rys. 167.) zwróćmy ku jakiegokolwiek odległemu przedmiotowi, jak n. p. kopiec, budynek, księżyc na niebie i t. p. Ustawmy za soczewką, blisko jej ogniska, płytkę szklaną matową. Jak w przyrządzie fotograficznym, zobaczymy na niej obraz odwrócony  $ab$  przedmiotu.



Rys. 167.

Jeżeli przedmiot jest bardzo odległy, obraz będzie bardzo mały. Ażeby go zobaczyć wyraźniej, stosujemy szkło powiększające. Ustawivszy za płytką soczewkę  $s$ , małą, ale silnie powiększającą, a tuż za nią umiesciwszy oko ( $O$ ), zobaczymy powiększony obraz  $a_1 b_1$  obrazu pierwotnego  $ab$  (por. § 205.). Ale płytka matowa jest teraz oczywiście zbyt cienką. Usunąwszy ją, będziemy wciąż jeszcze widzieli powiększony obraz  $a_1 b_1$  obrazu rzeczywistego  $ab$ , a nawet będziemy go widzieli lepiej, ponieważ płyta zabierała dość dużo światła. Promienie idą teraz wprost od soczewki dużej  $S$  do małej  $s$ , przecinają się, jak i poprzednio, w punktach  $a$ ,  $b$  i t. d. i dają tam obraz rzeczywisty, który jednak tworzy się teraz w powietrzu tak, iż nie zobaczyliśmy go, patrząc z boku. Patrząc zaś wprost, w kierunku promieni, przy pomocy szkła powiększającego  $s$ , dostrzegamy go jako obraz  $a_1 b_1$  (rys. 168.).

Dwie soczewki podobne, duża  $S$  i mała  $s$  (silnie powiększająca), zamknięte w oprawę czyli rurę metalową, stanowią przyrząd, zwany *lunetą*. W obrazie, utworzonym przez lunetę, odróżniamy z łatwością szczegóły przedmiotu, które bez jej pomocy byłyby niedostrzegalne. Astronomom luneta oddaje nieocenione usługi, pozwalając oglądać dokładnie szczegóły powierzchni ciał niebieskich, jak słońce, księżyc, planety; jednakże

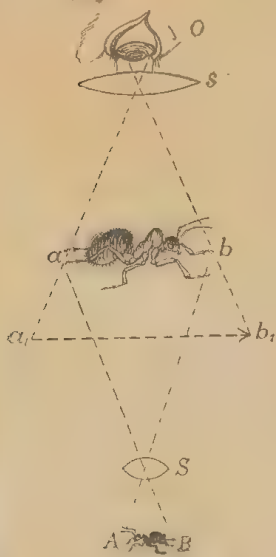
gwiazdy t. zw. „stałe” są tak niezmiernie od ziemi odległe (por. § 199.), że obrazy ich nawet w najsilniejszych lunetach (t. zw. *teleskopach*) rysują się li tylko jako punkty świecące.



1860  
1861  
1862  
1863  
1864  
1865  
1866  
1867  
1868  
1869  
1870  
1871  
1872  
1873  
1874  
1875  
1876  
1877  
1878  
1879  
1880  
1881  
1882  
1883  
1884  
1885  
1886  
1887  
1888  
1889  
1890  
1891  
1892  
1893  
1894  
1895  
1896  
1897  
1898  
1899  
1900

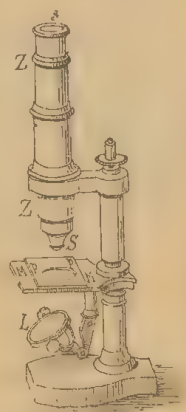
227  
§ 210. Mikroskop.

Weźmy soczewkę małą  $S$ , możliwie silnie wypukłą (rys. 184 u dołu). Umieścimy przed nią jakiekolwiek ciało bar-



Rys. 184.

dzo drobne, n. p. robaczka  $AB$ , cokolwiek dalej od soczewki, aniżeli jej ognisko. Wiemy z art. 203-go, że soczewka utworzy w takich warunkach, po stronie przeciwnej, obraz rzeczywisty  $ab$ , odwrócony i silnie powiększony. Lecz i ten obraz, pomimo owego powiększenia, będzie zazwyczaj jeszcze bardzo mały. Zatem, podobnie jak w artykule poprzedzającym, zastosujmy drugą soczewkę  $s$  (rys. 184 u góry), jako szkło powiększające, do oglądania



Rys. 185.

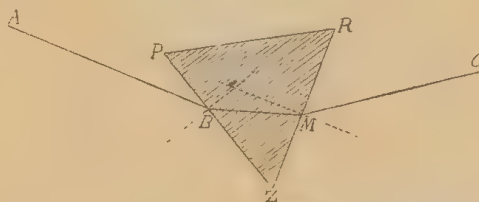
obrazu. Otrzymamy wówczas obraz pozorny  $a_1 b_1$ , znacznie powiększony. Mikroskop (czyli przyrząd, służący do oglądania nader drobnych przedmiotów) składa się właśnie z takich dwóch soczewek; jednej małej, lecz silnie wypukłej, i z drugiej, działającej jako szkło powiększające. Obie soczewki mieszczą się w oprawie czyli rurce metalowej  $ZZ$  (rys. 185); przedmiot oglądany kładziemy na płytce szklanej  $pp$ , tę zaś znowu na stoliku  $MM$ , mającym otwór w środku. Lusterko  $L$ , umieszczone pod otworem, oświetla przedmiot od dołu.

§ 211. Pryzmat.

Weźmy pryzmat (czyli graniastosłup trójkątny), wyrobiony ze szkła, jak widzimy na rys. 186-ym. Wyobraźmy sobie, że na jedną ze ścian pryzmatu, które mają postać prostokątów, pada promień światła; n. p. na rys. 187-ym promień  $OM$  na ścianę  $RZ$ . Zbudujmy dalszą drogę promienia według praw



Rys. 186.



Rys. 187.

załamania się światła: W pryzmacie będzie nią  $MB$ , po wyjściu z pryzmatu będzie nią  $AB$ . Przez drugie załamanie się w miejscu  $B$  odchylenie promienia od jego pierwotnego kierunku powiększa się jeszcze; inaczej niż w płytce o ścianach równoległych (§ 200), gdzie drugie załamanie znosiło odchylenie, sprawione przez pierwsze.

WYDAWNICTWO KSIĄŻEK DZIECIĘCYCH  
Zakładu Na Jego im. Ossolińskich  
Lwowie.



§ 229. Światło niebieskie ma inną łamliwość niż czerwone

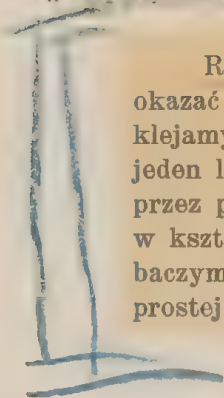
Do następującego doświadczenia może być użyty aparat, opisany w § 218-ym. Do tylnej ścianki tego przyrządu przy-



Rys. 188

twierdzony szklany pryzmat (rys. 188), zastawiając następnie szkiełko szkiełką z tafelką szklaną zabarwioną na czerwono i opuszczając światło białe ze źródła, podłożonego z lampą kerosynową lub innego silnego źródła światła.

Widoczny jest sposób ciągłego przesuwania pryzmatu, które dokonując się w przesuwanie, daje obraz czerwony u na obu-  
dnie podłoża. Si- zaobserwować podobnie w przypadku pod-  
łoża białego, zaobserwować jednakże obraz białego światła.  
Przesunięcie niebieskie daje obraz niebieski u na obu-  
podłożu nie białym, a czerwonym, w którym tworzą się  
obrazy, jak w tym. Światło niebieskie przesunie się  
w przesuwanie białego, a nie czerwonego.



Różną łamliwość niebieskich i czerwonych promieni można okazać w następujący prosty sposób: Na kawałku tektury naklejamy dwa paski, jeden czerwony, drugi niebieski tak, żeby jeden leżał w prostym przedłużeniu drugiego. Patrząc na paski przez pryzmat szklany (lub lepiej przez naczynie szklane w kształcie pryzmatu, wypełnione dwusiarczkiem węgla), zobaczymy, że wydają się położone tak, jak gdyby nie stanowiły prostej linii.

Rys. 189

W celu sprawdzenia, czy światło białe jest złożone z promieni o różnej łamliwości, można użyć następującego doświadczenia: Wypełnić szklane naczynie w kształcie pryzmatu, dwusiarczkiem węgla, i obserwować światło białe przechodzące przez nie.

...DAWNICTWO ...  
Zakładu Narodowego im. Czajkowskiego  
we Lwowie.

światło, które w mowie potocznej nazywamy światłem białym. Widzimy wówczas na obwodzie przyrządu szereg barwnych obrazów. Dostrzegamy obraz czerwony, który przechodzi w pomarańczowy; ten przechodzi w żółty, dalej w zielony, w niebieski, w błękitny i na koniec w fioletowy. Jest tam właśnie niezmiernie wiele odcieni, lecz byłoby trudno wymienić więcej niż siedm przytoczonych zabarwień; przynajmniej w mowie potocznej brak na to utartych wyrażen.

Taki szereg obrazów nazywa się widmem. Przypomina on tęczę, bo też tęcza powstaje w sposób podobny, dzięki zakłamywaniu się światła słonecznego w drobnych kropelkach wody, zawieszonych w powietrzu.

#### § 231. Promienie niewidzialne.

Słońce nie tylko świeci, ale również grzeje. Wprowadźmy czuły termometr do widma słonecznego; przekonamy się, że promienie różnych barw grzeją, lecz promienie czerwone grzeją bardziej niż...

n. p. niebieskie. Gdybyśmy użyli pryzmatu, wyrobionego z soli kamiennej, zamiast pryzmatu szklanego, *zobaczylibyśmy* widmo podobnie, jak poprzednio, ale moglibyśmy dowieść, że jakieś niewidzialne promienie padają i poza jego końcem czerwonym, tam, gdzie nie widzimy już światła; albowiem termometr ogrzewałby się tam nawet bardziej, niż w widmie widzialnem. Promienie, które padają poza czerwony koniec widma, nazywają się „pozaczzerwonymi”. Mają one widocznie łamliwość jeszcze mniejszą, niż promienie czerwone; na oko nie działają, ale działają na termometr. Weźmy dalej pasemko bibuły, napojonej roztworem azotanu srebrowego (lapisu); bibuła taka czernieje na słońcu. Czernieje ona również w różnych częściach widma słonecznego, w fioletowej prądziej, niż n. p. w zielonej; ale czernieje też i poza fioletowym końcem widma, gdzie nie widzimy już światła, a nawet czernieje tam prądziej, niż w widmie widzialnem. Z tego wszystkiego widzimy, że światło jest tylko jednym ze skutków, jakie sprawiać mogą promienie słoneczne.

Rozgrzany kawałek żelaza wysyła podobnie rozmaite promienie. Gdy jeszcze nie jest bardzo znacznie ogrzany, wysyła tylko pozaczzerwone promienie, grzejące, lecz nie świecące; powiadamy wówczas, że żelazo promieniuje ciepło, ale nie świeci. W temperaturze wyższej żelazo wysyła coraz nowe promienie. Jeśli wysyła promienie czerwone, mówimy: „żelazo jest rozgrzane do czerwoności”. Skoro wysyła nie tylko czerwone lecz i wszelkie inne promienie, powiadamy wówczas, że jest „rozgrzane do białości”.





222

§ 215. Barwa jest tem dla światła, czem wysokość dla dźwięku.

Gdy na sekundę udzielamy powietrzu około trzydziestu regularnie powtarzających się wstrząśnięć, wówczas, jak wiadomo z § 104-go, *zaczynamy słyszeć*; słyszymy mianowicie pewien dźwięk bardzo niski. Udzielajmy wstrząśnięć kilka tysięcy w ciągu sekundy, a usłyszemy dźwięk pewien *wysoki*; udzielajmy ich więcej (w tym samym czasie jednej sekundy), a dźwięk stanie się wyższy i wyższy i nareszcie *przestaniemy go słyszeć*.

W ~~własnościach~~ promieni/słonecznych znajdujemy teraz podobne ~~stosunki~~. Promienie o łamliwości małej istnieją, chociaż ich nie widzimy; moglibyśmy o nich powiedzieć, że sta-

Tach  
H wianowici

nowią „ciemne światło”. Gdy łamliwość promieni jest taka, jaką mają promienie czerwone, *zaczynamy widzieć*; widzimy mianowicie barwę czerwoną. Gdy łamliwość coraz jest większa, widzimy dalsze barwy; gdy staje się taka, jaką mają fioletowe promienie, jeszcze widzimy, ale zaraz dalej *przestajemy widzieć*. A zatem *barwa* jest czemś takim dla *światła*, czem jest dla *dźwięku* jego *wysokość*.

233  
§ 216. Promieniowanie.

Powiadamy więc teraz poprawniej: Od słońca, od gwiazd, od płomieni i od ciał ogrzanych rozbiega się na wszystkie strony z niezmierną prędkością *promieniowanie*. Część tego promieniowania, jeśli trafi pośrednio czy bezpośrednio do oka, stanie się *widzialna*; a więc będzie tem, co nazywamy *światłem*. Lecz wszelkie promieniowanie, jeśli w jakimś ciele zatrzyma się choć w części, jeśli nie przejdzie przez nie całkowicie na wskrós zamieni się *zaraz* na ciepło lub wzbudzi działanie chemiczne. Ciepło jest pewnym rodzajem energii; budzenie działań chemicznych jest też gromadzeniem energii. Więc *promieniowanie* ~~jest~~ *szczególnego rodzaju energią*, która może płynąć z niezmienną prędkością przez powietrze, przez wodę, przez szkło, przez puste pomiędzy gwiazdami przestworza lub też przez ciała gęste i zbite.

ze sobą nie





## ZAKOŃCZENIE.

## § 234. O materji.

Przypuśćmy, że stół jest z dębiny, szafa z olszyny, a deska z sośniny. Powiadamy, że dębina, olszyna, sośnina — to różne gatunki *drewna*. Co znaczy więc „drewno”? „Drewno” nie oznacza ani dębowego, ani bukowego, ani topolowego drewna, ani żadnego innego określonego gatunku; mówiąc „drewno”, mamy na myśli *którykolwiek* z pomiędzy różnych jego gatunków. Widocznie to, co chcemy powiedzieć o „drewnie”, stosuje się zarówno do wszystkich jego gatunków.

Podobnie mówimy, że n. p. gwóźdź i hak są z żelaza, że grosz i ronderek są z miedzi, że tu mamy kawałek węgla, tam kawałek siarki lub kroplę rtęci. Powiadamy, że rtęć, siarka, węgiel, miedź i żelazo są to różne gatunki albo rodzaje *materji*. Co więc znaczy „materja”? Nie oznacza ona rtęci, ani siarki, węgla, żelaza i miedzi, ani żadnego innego określonego gatunku materji. Mówiąc „materja”, mamy na myśli *którykolwiek* z pomiędzy jej różnych gatunków. Widocznie to, co chcemy powiedzieć o „materji”, stosuje się zarówno do wszystkich gatunków materji. Albowiem, jak widzieliśmy, bardzo wiele prawd naukowych stosuje się zarówno do żelaza, do rtęci, do powietrza, do wody, do wszystkich (jednem słowem) gatunków materji; więc powiadamy, że te prawdy naukowe, czyli prawa, stosują się wogóle do *materji*.

## § 235. O energii.

Z codziennego doświadczenia znamy różne rodzaje *materji*; w nauce Fizyki zaś poznaliśmy rozmaite rodzaje *energii*. Przekonaliśmy się (w rozdziale I), że ciężar podniesiony ma pewnego rodzaju energję; że sprężyna skrecona i rzucony kamień mają pewnego rodzaju energję. Kula wystrzelona z armaty, ma energję, ponieważ porusza się i ma masę. Podobnie ziemia ma olbrzymią energję, ponieważ porusza się i ponieważ, powtóre, słońce ją przyciąga. Wiemy (z rozdziału II), że słup wody ma pewną energję i że ma ją podobnie słup atmosferycznego powietrza; że powietrze i woda mogą przenosić i w różne strony rozprowadzać energję. Przekonaliśmy się (w rozdziale III), że woda falująca ma energję i że ma ją podobnie powietrze, w którym rozchodzi się głos. W rozdziale IV, widzieliśmy, że ciepło nie jest czem innem, jak pewnym rodzajem energii. Poznaliśmy (w rozdziale V) prąd elektryczny, który powstaje z energii i ma też dlatego energję. Nakoniec w rozdziale ostatnim mówiliśmy o promieniowaniu, jako o szczególnym rodzaju energii, mogącym biec z niezmienną prędkością przez materję zarówno, jak przez próżnię. A więc odnajdywaliśmy wszędzie rozmaite rodzaje zawsze tej samej, jedynej *energii*.

Wyraz

Wyraz

Fizjolog

L-gm

L-go

L-cim / Sprężyna  
L-gm  
L-gm

THE  
LIBRARY OF THE  
MUSEUM OF NATURAL HISTORY  
NEW YORK

lż przynosi ze sobą szczególnego rodzaju energję, która może być z nieznaczną utratą przesłana przez ciała materialne zarówno jak przez próżnię.

Indywidualizmy zatem w rozmaitych dziedzinach sąsiadujących i rodzaju energii, czyli sposobów wzajemnej oddziaływania materji, które wyrażają się w sobie samych i między sobą.

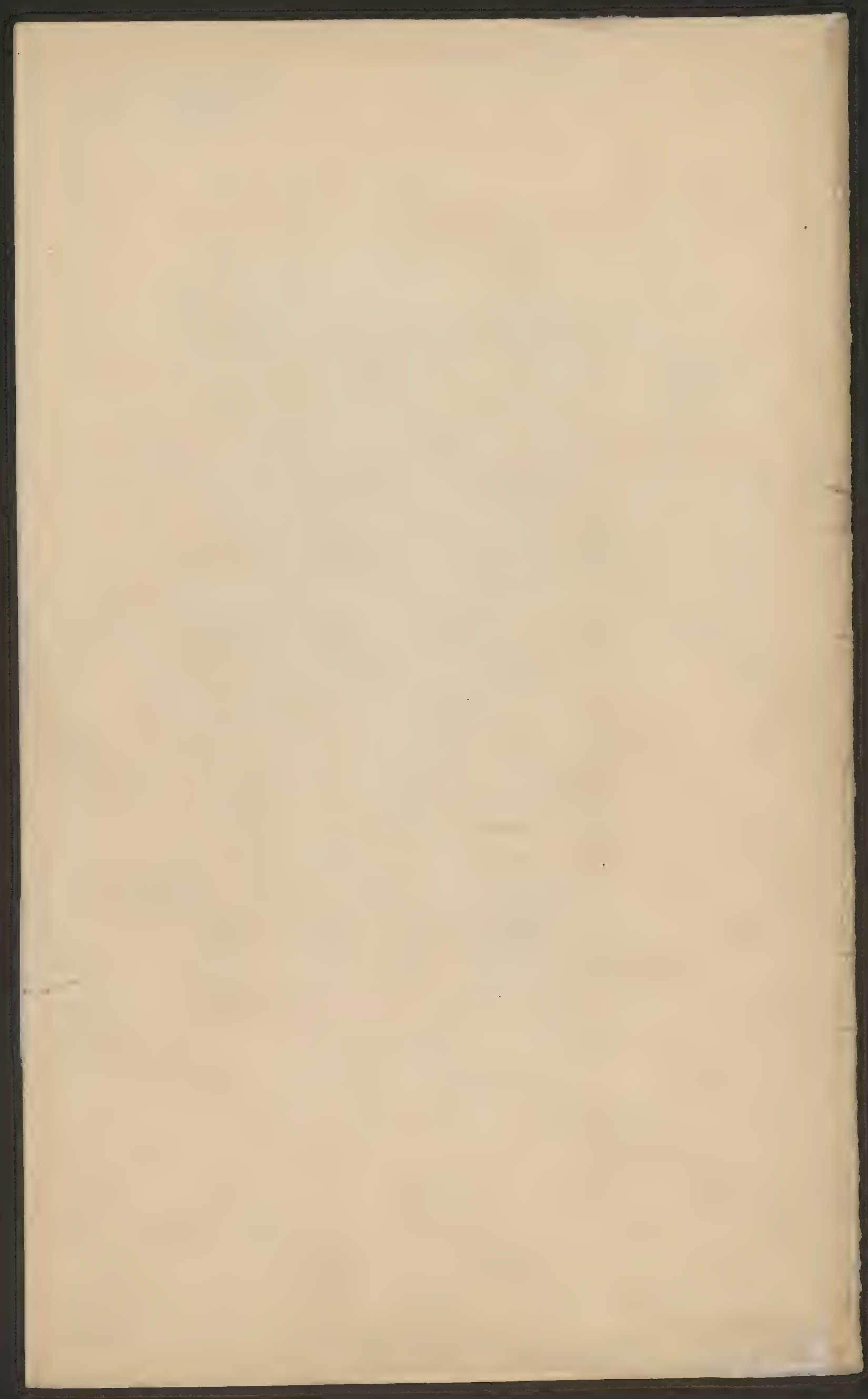
---

Dalej następuje Spis rzeczy.



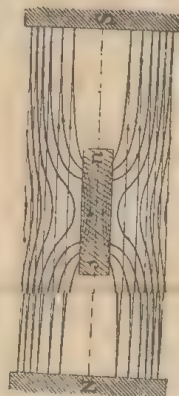
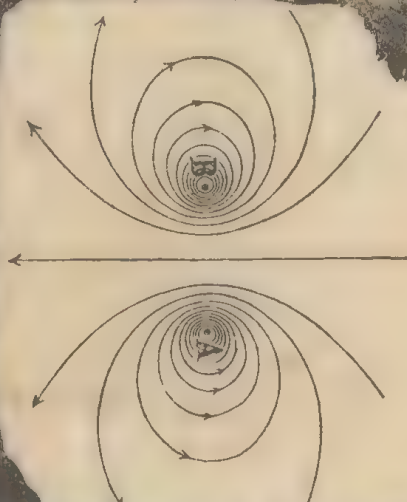
WYDAWNICTWO KSIĄŻEK SZKOLNYCH  
Zakładu Narodowego im. Ossolińskich  
we Lwowie.

ZARZĄD  
WYDAWNICTWA KSIĄŻEK  
W ZAKŁADZIE NAROD. IM. OSSOLINSKICH  
w e l w o w i e .

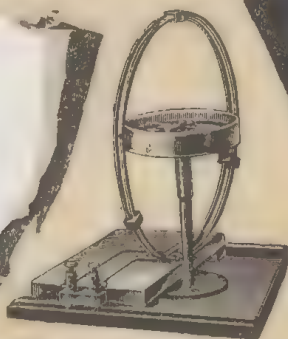






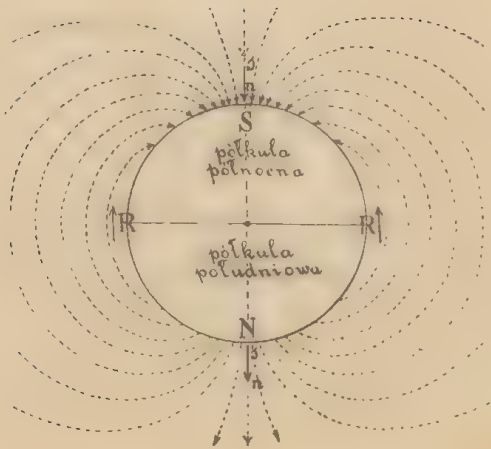


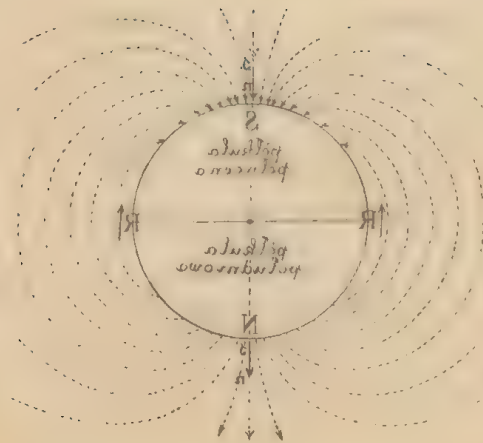
Die p. in der Mitte der Nerven wird  
aufgelesen.



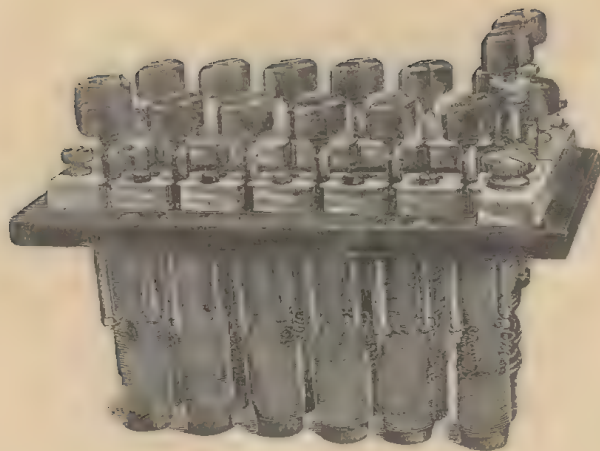




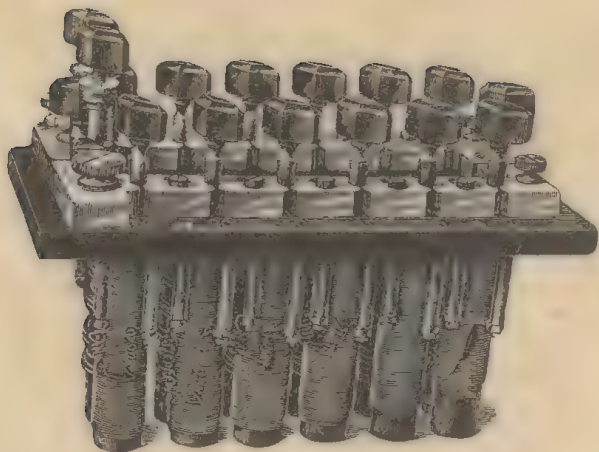


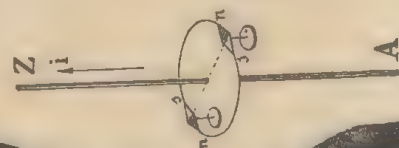
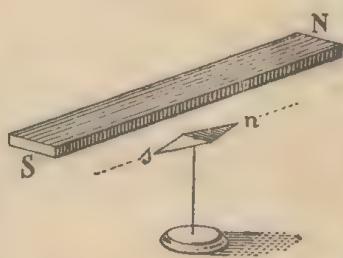
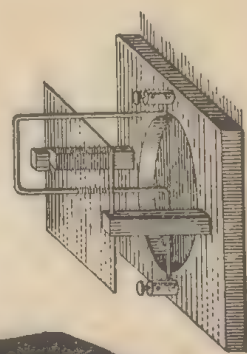
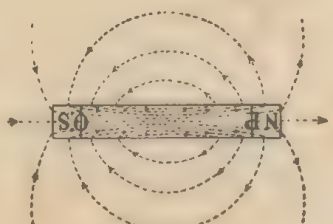
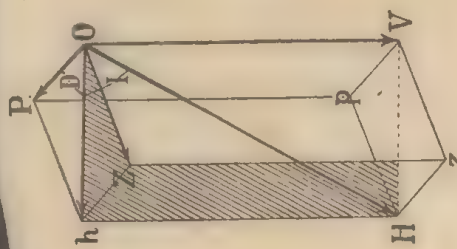
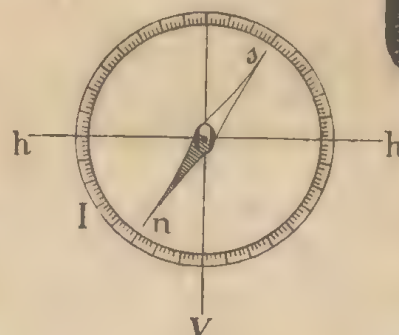
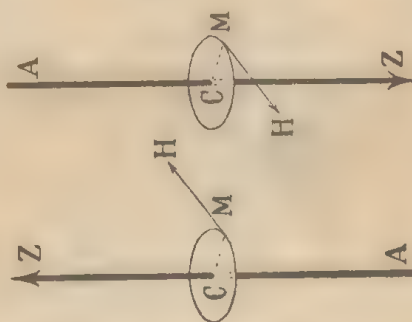
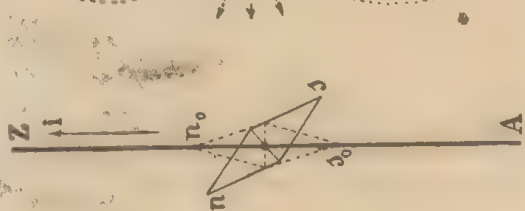
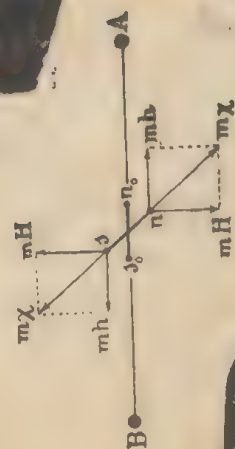
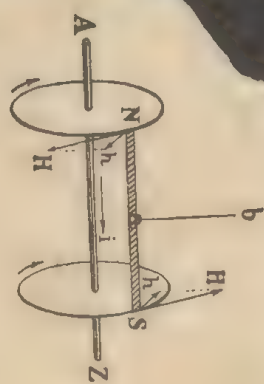
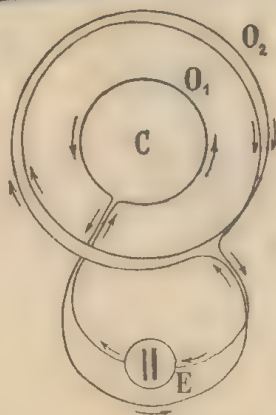
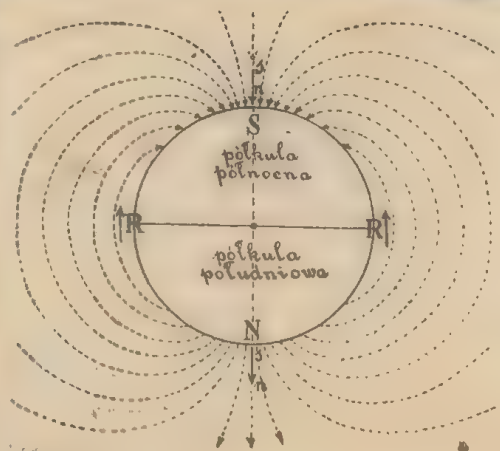


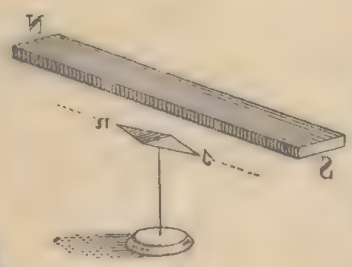
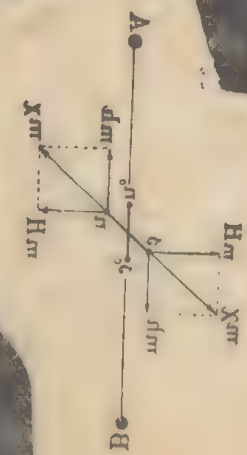
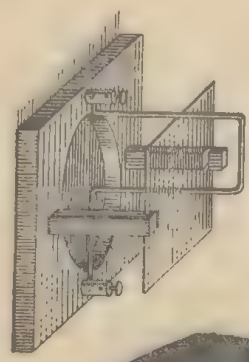
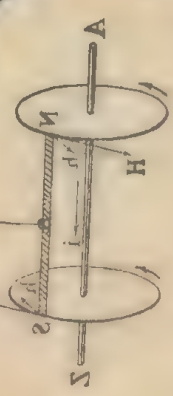
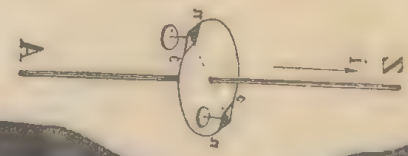
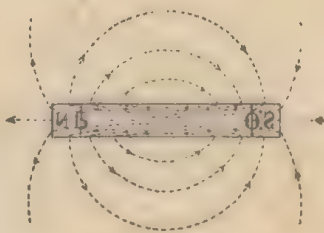
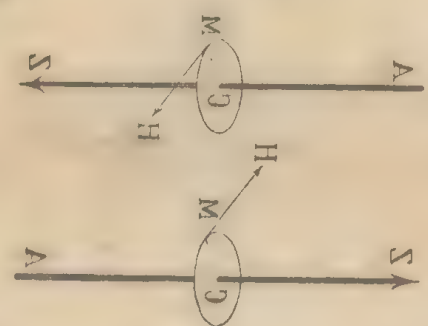
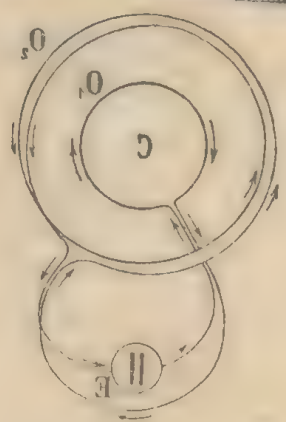
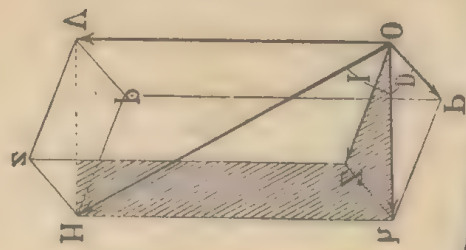
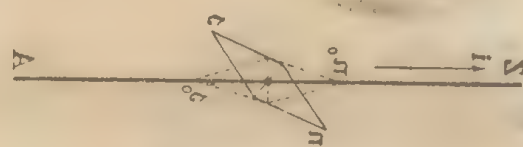
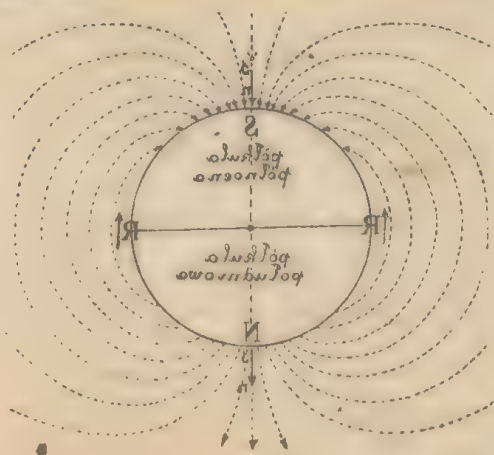
183





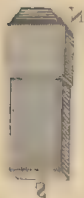




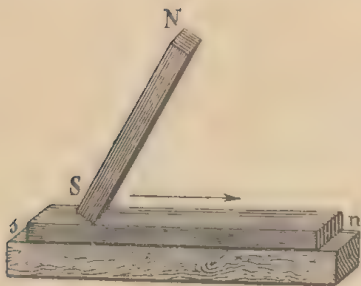






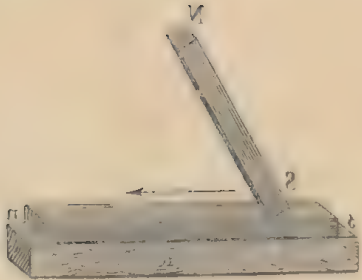


186





228



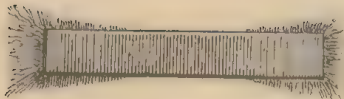
487







188

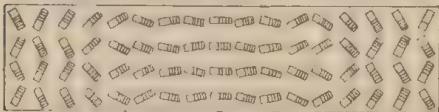


1880. 12. 1. 1881. 1. 1882. 2. 1883. 3. 1884. 4. 1885. 5. 1886. 6. 1887. 7. 1888. 8. 1889. 9. 1890. 10. 1891. 11. 1892. 12. 1893. 1. 1894. 2. 1895. 3. 1896. 4. 1897. 5. 1898. 6. 1899. 7. 1900. 8. 1901. 9. 1902. 10. 1903. 11. 1904. 12. 1905. 1. 1906. 2. 1907. 3. 1908. 4. 1909. 5. 1910. 6. 1911. 7. 1912. 8. 1913. 9. 1914. 10. 1915. 11. 1916. 12. 1917. 1. 1918. 2. 1919. 3. 1920. 4. 1921. 5. 1922. 6. 1923. 7. 1924. 8. 1925. 9. 1926. 10. 1927. 11. 1928. 12. 1929. 1. 1930. 2. 1931. 3. 1932. 4. 1933. 5. 1934. 6. 1935. 7. 1936. 8. 1937. 9. 1938. 10. 1939. 11. 1940. 12. 1941. 1. 1942. 2. 1943. 3. 1944. 4. 1945. 5. 1946. 6. 1947. 7. 1948. 8. 1949. 9. 1950. 10. 1951. 11. 1952. 12. 1953. 1. 1954. 2. 1955. 3. 1956. 4. 1957. 5. 1958. 6. 1959. 7. 1960. 8. 1961. 9. 1962. 10. 1963. 11. 1964. 12. 1965. 1. 1966. 2. 1967. 3. 1968. 4. 1969. 5. 1970. 6. 1971. 7. 1972. 8. 1973. 9. 1974. 10. 1975. 11. 1976. 12. 1977. 1. 1978. 2. 1979. 3. 1980. 4. 1981. 5. 1982. 6. 1983. 7. 1984. 8. 1985. 9. 1986. 10. 1987. 11. 1988. 12. 1989. 1. 1990. 2. 1991. 3. 1992. 4. 1993. 5. 1994. 6. 1995. 7. 1996. 8. 1997. 9. 1998. 10. 1999. 11. 2000. 12. 2001. 1. 2002. 2. 2003. 3. 2004. 4. 2005. 5. 2006. 6. 2007. 7. 2008. 8. 2009. 9. 2010. 10. 2011. 11. 2012. 12. 2013. 1. 2014. 2. 2015. 3. 2016. 4. 2017. 5. 2018. 6. 2019. 7. 2020. 8. 2021. 9. 2022. 10. 2023. 11. 2024. 12. 2025. 1. 2026. 2. 2027. 3. 2028. 4. 2029. 5. 2030. 6. 2031. 7. 2032. 8. 2033. 9. 2034. 10. 2035. 11. 2036. 12. 2037. 1. 2038. 2. 2039. 3. 2040. 4. 2041. 5. 2042. 6. 2043. 7. 2044. 8. 2045. 9. 2046. 10. 2047. 11. 2048. 12. 2049. 1. 2050. 2. 2051. 3. 2052. 4. 2053. 5. 2054. 6. 2055. 7. 2056. 8. 2057. 9. 2058. 10. 2059. 11. 2060. 12. 2061. 1. 2062. 2. 2063. 3. 2064. 4. 2065. 5. 2066. 6. 2067. 7. 2068. 8. 2069. 9. 2070. 10. 2071. 11. 2072. 12. 2073. 1. 2074. 2. 2075. 3. 2076. 4. 2077. 5. 2078. 6. 2079. 7. 2080. 8. 2081. 9. 2082. 10. 2083. 11. 2084. 12. 2085. 1. 2086. 2. 2087. 3. 2088. 4. 2089. 5. 2090. 6. 2091. 7. 2092. 8. 2093. 9. 2094. 10. 2095. 11. 2096. 12. 2097. 1. 2098. 2. 2099. 3. 2100. 4. 2101. 5. 2102. 6. 2103. 7. 2104. 8. 2105. 9. 2106. 10. 2107. 11. 2108. 12. 2109. 1. 2110. 2. 2111. 3. 2112. 4. 2113. 5. 2114. 6. 2115. 7. 2116. 8. 2117. 9. 2118. 10. 2119. 11. 2120. 12. 2121. 1. 2122. 2. 2123. 3. 2124. 4. 2125. 5. 2126. 6. 2127. 7. 2128. 8. 2129. 9. 2130. 10. 2131. 11. 2132. 12. 2133. 1. 2134. 2. 2135. 3. 2136. 4. 2137. 5. 2138. 6. 2139. 7. 2140. 8. 2141. 9. 2142. 10. 2143. 11. 2144. 12. 2145. 1. 2146. 2. 2147. 3. 2148. 4. 2149. 5. 2150. 6. 2151. 7. 2152. 8. 2153. 9. 2154. 10. 2155. 11. 2156. 12. 2157. 1. 2158. 2. 2159. 3. 2160. 4. 2161. 5. 2162. 6. 2163. 7. 2164. 8. 2165. 9. 2166. 10. 2167. 11. 2168. 12. 2169. 1. 2170. 2. 2171. 3. 2172. 4. 2173. 5. 2174. 6. 2175. 7. 2176. 8. 2177. 9. 2178. 10. 2179. 11. 2180. 12. 2181. 1. 2182. 2. 2183. 3. 2184. 4. 2185. 5. 2186. 6. 2187. 7. 2188. 8. 2189. 9. 2190. 10. 2191. 11. 2192. 12. 2193. 1. 2194. 2. 2195. 3. 2196. 4. 2197. 5. 2198. 6. 2199. 7. 2200. 8. 2201. 9. 2202. 10. 2203. 11. 2204. 12. 2205. 1. 2206. 2. 2207. 3. 2208. 4. 2209. 5. 2210. 6. 2211. 7. 2212. 8. 2213. 9. 2214. 10. 2215. 11. 2216. 12. 2217. 1. 2218. 2. 2219. 3. 2220. 4. 2221. 5. 2222. 6. 2223. 7. 2224. 8. 2225. 9. 2226. 10. 2227. 11. 2228. 12. 2229. 1. 2230. 2. 2231. 3. 2232. 4. 2233. 5. 2234. 6. 2235. 7. 2236. 8. 2237. 9. 2238. 10. 2239. 11. 2240. 12. 2241. 1. 2242. 2. 2243. 3. 2244. 4. 2245. 5. 2246. 6. 2247. 7. 2248. 8. 2249. 9. 2250. 10. 2251. 11. 2252. 12. 2253. 1. 2254. 2. 2255. 3. 2256. 4. 2257. 5. 2258. 6. 2259. 7. 2260. 8. 2261. 9. 2262. 10. 2263. 11. 2264. 12. 2265. 1. 2266. 2. 2267. 3. 2268. 4. 2269. 5. 2270. 6. 2271. 7. 2272. 8. 2273. 9. 2274. 10. 2275. 11. 2276. 12. 2277. 1. 2278. 2. 2279. 3. 2280. 4. 2281. 5. 2282. 6. 2283. 7. 2284. 8. 2285. 9. 2286. 10. 2287. 11. 2288. 12. 2289. 1. 2290. 2. 2291. 3. 2292. 4. 2293. 5. 2294. 6. 2295. 7. 2296. 8. 2297. 9. 2298. 10. 2299. 11. 2300. 12. 2301. 1. 2302. 2. 2303. 3. 2304. 4. 2305. 5. 2306. 6. 2307. 7. 2308. 8. 2309. 9. 2310. 10. 2311. 11. 2312. 12. 2313. 1. 2314. 2. 2315. 3. 2316. 4. 2317. 5. 2318. 6. 2319. 7. 2320. 8. 2321. 9. 2322. 10. 2323. 11. 2324. 12. 2325. 1. 2326. 2. 2327. 3. 2328. 4. 2329. 5. 2330. 6. 2331. 7. 2332. 8. 2333. 9. 2334. 10. 2335. 11. 2336. 12. 2337. 1. 2338. 2. 2339. 3. 2340. 4. 2341. 5. 2342. 6. 2343. 7. 2344. 8. 2345. 9. 2346. 10. 2347. 11. 2348. 12. 2349. 1. 2350. 2. 2351. 3. 2352. 4. 2353. 5. 2354. 6. 2355. 7. 2356. 8. 2357. 9. 2358. 10. 2359. 11. 2360. 12. 2361. 1. 2362. 2. 2363. 3. 2364. 4. 2365. 5. 2366. 6. 2367. 7. 2368. 8. 2369. 9. 2370. 10. 2371. 11. 2372. 12. 2373. 1. 2374. 2. 2375. 3. 2376. 4. 2377. 5. 2378. 6. 2379. 7. 2380. 8. 2381. 9. 2382. 10. 2383. 11. 2384. 12. 2385. 1. 2386. 2. 2387. 3. 2388. 4. 2389. 5. 2390. 6. 2391. 7. 2392. 8. 2393. 9. 2394. 10. 2395. 11. 2396. 12. 2397. 1. 2398. 2. 2399. 3. 2400. 4. 2401. 5. 2402. 6. 2403. 7. 2404. 8. 2405. 9. 2406. 10. 2407. 11. 2408. 12. 2409. 1. 2410. 2. 2411. 3. 2412. 4. 2413. 5. 2414. 6. 2415. 7. 2416. 8. 2417. 9. 2418. 10. 2419. 11. 2420. 12. 2421. 1. 2422. 2. 2423. 3. 2424. 4. 2425. 5. 2426. 6. 2427. 7. 2428. 8. 2429. 9. 2430. 10. 2431. 11. 2432. 12. 2433. 1. 2434. 2. 2435. 3. 2436. 4. 2437. 5. 2438. 6. 2439. 7. 2440. 8. 2441. 9. 2442. 10. 2443. 11. 2444. 12. 2445. 1. 2446. 2. 2447. 3. 2448. 4. 2449. 5. 2450. 6. 2451. 7. 2452. 8. 2453. 9. 2454. 10. 2455. 11. 2456. 12. 2457. 1. 2458. 2. 2459. 3. 2460. 4. 2461. 5. 2462. 6. 2463. 7. 2464. 8. 2465. 9. 2466. 10. 2467. 11. 2468. 12. 2469. 1. 2470. 2. 2471. 3. 2472. 4. 2473. 5. 2474. 6. 2475. 7. 2476. 8. 2477. 9. 2478. 10. 2479. 11. 2480. 12. 2481. 1. 2482. 2. 2483. 3. 2484. 4. 2485. 5. 2486. 6. 2487. 7. 2488. 8. 2489. 9. 2490. 10. 2491. 11. 2492. 12. 2493. 1. 2494. 2. 2495. 3. 2496. 4. 2497. 5. 2498. 6. 2499. 7. 2500. 8. 2501. 9. 2502. 10. 2503. 11. 2504. 12. 2505. 1. 2506. 2. 2507. 3. 2508. 4. 2509. 5. 2510. 6. 2511. 7. 2512. 8. 2513. 9. 2514. 10. 2515. 11. 2516. 12. 2517. 1. 2518. 2. 2519. 3. 2520. 4. 2521. 5. 2522. 6. 2523. 7. 2524. 8. 2525. 9. 2526. 10. 2527. 11. 2528. 12. 2529. 1. 2530. 2. 2531. 3. 2532. 4. 2533. 5. 2534. 6. 2535. 7. 2536. 8. 2537. 9. 2538. 10. 2539. 11. 2540. 12. 2541. 1. 2542. 2. 2543. 3. 2544. 4. 2545. 5. 2546. 6. 2547. 7. 2548. 8. 2549. 9. 2550. 10. 2551. 11. 2552. 12. 2553. 1. 2554. 2. 2555. 3. 2556. 4. 2557. 5. 2558. 6. 2559. 7. 2560. 8. 2561. 9. 2562. 10. 2563. 11. 2564. 12. 2565. 1. 2566. 2. 2567. 3. 2568. 4. 2569. 5. 2570. 6. 2571. 7. 2572. 8. 2573. 9. 2574. 10. 2575. 11. 2576. 12. 2577. 1. 2578. 2. 2579. 3. 2580. 4. 2581. 5. 2582. 6. 2583. 7. 2584. 8. 2585. 9. 2586. 10. 2587. 11. 2588. 12. 2589. 1. 2590. 2. 2591. 3. 2592. 4. 2593. 5. 2594. 6. 2595. 7. 2596. 8. 2597. 9. 2598. 10. 2599. 11. 2600. 12. 2601. 1. 2602. 2. 2603. 3. 2604. 4. 2605. 5. 2606. 6. 2607. 7. 2608. 8. 2609. 9. 2610. 10. 2611. 11. 2612. 12. 2613. 1. 2614. 2. 2615. 3. 2616. 4. 2617. 5. 2618. 6. 2619. 7. 2620. 8. 2621. 9. 2622. 10. 2623. 11. 2624. 12. 2625. 1. 2626. 2. 2627. 3. 2628. 4. 2629. 5. 2630. 6. 2631. 7. 2632. 8. 2633. 9. 2634. 10. 2635. 11. 2636. 12. 2637. 1. 2638. 2. 2639. 3. 2640. 4. 2641. 5. 2642. 6. 2643. 7. 2644. 8. 2645. 9. 2646. 10. 2647. 11. 2648. 12. 2649. 1. 2650. 2. 2651. 3. 2652. 4. 2653. 5. 2654. 6. 2655. 7. 2656. 8. 2657. 9. 2658. 10. 2659. 11. 2660. 12. 2661. 1. 2662. 2. 2663. 3. 2664. 4. 2665. 5. 2666. 6. 2667. 7. 2668. 8. 2669. 9. 2670. 10. 2671. 11. 2672. 12. 2673. 1. 2674. 2. 2675. 3. 2676. 4. 2677. 5. 2678. 6. 2679. 7. 2680. 8. 2681. 9. 2682. 10. 2683. 11. 2684. 12. 2685. 1. 2686. 2. 2687. 3. 2688. 4. 2689. 5. 2690. 6. 2691. 7. 2692. 8. 2693. 9. 2694. 10. 2695. 11. 2696. 12. 2697. 1. 2698. 2. 2699. 3. 2700. 4. 2701. 5. 2702. 6. 2703. 7. 2704. 8. 2705. 9. 2706. 10. 2707. 11. 2708. 12. 2709. 1. 2710. 2. 2711. 3. 2712. 4. 2713. 5. 2714. 6. 2715. 7. 2716. 8. 2717. 9. 2718. 10. 2719. 11. 2720. 12. 2721. 1. 2722. 2. 2723. 3. 2724. 4. 2725. 5. 2726. 6. 2727. 7. 2728. 8. 2729. 9. 2730. 10. 2731. 11. 2732. 12. 2733. 1. 2734. 2. 2735. 3. 2736. 4. 2737. 5. 2738. 6. 2739. 7. 2740. 8. 2741. 9. 2742. 10. 2743. 11. 2744. 12. 2745. 1. 2746. 2. 2747. 3. 2748. 4. 2749. 5. 2750. 6. 2751. 7. 2752. 8. 2753. 9. 2754. 10. 2755. 11. 2756. 12. 2757. 1. 2758. 2. 2759. 3. 2760. 4. 2761. 5. 2762. 6. 2763. 7. 2764. 8. 2765. 9. 2766. 10. 2767. 11. 2768. 12. 2769. 1. 2770. 2. 2771. 3. 2772. 4. 2773. 5. 2774. 6. 2775. 7. 2776. 8. 2777. 9. 2778. 10. 2779. 11. 2780. 12. 2781. 1. 2782. 2. 2783. 3. 2784. 4. 2785. 5. 2786. 6. 2787. 7. 2788. 8. 2789. 9. 2790. 10. 2791. 11. 2792. 12. 2793. 1. 2794. 2. 2795. 3. 2796. 4. 2797. 5. 2798. 6. 2799. 7. 2800. 8. 2801. 9. 2802. 10. 2803. 11. 2804. 12. 2805. 1. 2806. 2. 2807. 3. 2808. 4. 2809. 5. 2810. 6. 2811. 7. 2812. 8. 2813. 9. 2814. 10. 2815. 11. 2816. 12. 2817. 1. 2818. 2. 2819. 3. 2820. 4. 2821. 5. 2822. 6. 2823. 7. 2824. 8. 2825. 9. 2826. 10. 2827. 11. 2828. 12. 2829. 1. 2830. 2. 2831. 3. 2832. 4. 2833. 5. 2834. 6. 2835. 7. 2836. 8. 2837. 9. 2838. 10. 2839. 11. 2840. 12. 2841. 1. 2842. 2. 2843. 3. 2844. 4. 2845. 5. 2846. 6. 2847. 7. 2848. 8. 2849. 9. 2850. 10. 2851. 11. 2852. 12. 2853. 1. 2854. 2. 2855. 3. 2856. 4. 2857. 5. 2858. 6. 2859. 7. 2860. 8. 2861. 9. 2862. 10. 2863. 11. 2864. 12. 2865. 1. 2866. 2. 2867. 3. 2868. 4. 2869. 5. 2870. 6. 2871. 7. 2872. 8. 2873. 9. 2874. 10. 2875. 11. 2876. 12. 2877. 1. 2878. 2. 2879. 3. 2880. 4. 2881. 5. 2882. 6. 2883. 7. 2884. 8. 2885. 9. 2886. 10. 2887. 11. 2888. 12. 2889. 1. 2890. 2. 2891. 3. 2892. 4. 2893. 5. 2894. 6. 2895. 7. 2896. 8. 2897. 9. 2898. 10. 2899. 11. 2900. 12. 2901. 1. 2902. 2. 2903. 3. 2904. 4. 2905. 5. 2906. 6. 2907. 7. 2908. 8. 2909. 9. 2910. 10. 2911. 11. 2912. 12. 2913. 1. 2914. 2. 2915. 3. 2916. 4. 2917. 5. 2918. 6. 2919. 7. 2920. 8. 2921. 9. 2922. 10. 2923. 11. 2924. 12. 2925. 1. 2926. 2. 2927. 3. 2928. 4. 2929. 5. 2930. 6. 2931. 7. 2932. 8. 2933. 9. 2934. 10. 2935. 11. 2936. 12. 2937. 1. 2938. 2. 2939. 3. 2940. 4. 2941. 5. 2942. 6. 2943. 7. 2944. 8. 2945. 9. 2946. 10. 2947. 11. 2948. 12. 2949. 1. 2950. 2. 2951. 3. 2952. 4. 2953. 5. 2954. 6. 2955. 7. 2956. 8. 2957. 9. 2958. 10. 2959. 11. 2960. 12. 2961. 1. 2962. 2. 2963. 3. 2964. 4. 2965. 5. 2966. 6. 2967. 7. 2968. 8. 2969. 9. 2970. 10. 2971. 11. 2972. 12. 2973. 1. 2974. 2. 2975. 3. 2976. 4. 2977. 5. 2978. 6. 2979. 7. 2980. 8. 2981. 9. 2982. 10. 2983. 11. 2984. 12. 2985. 1. 2986. 2. 2987. 3. 2988. 4. 2989. 5. 2990. 6. 2991. 7. 2992. 8. 2993. 9. 2994. 10. 2995. 11. 2996. 12. 2997. 1. 2998. 2. 2999. 3. 3000. 4. 3001. 5. 3002. 6. 3003. 7. 3004. 8. 3005. 9. 3006. 10. 3007. 11. 3008. 12. 3009. 1. 3010. 2. 3011. 3. 3012. 4. 3013. 5. 3014. 6. 3015. 7. 3016. 8. 3017. 9. 3018. 10. 3019. 11. 3020. 12. 3021. 1. 3022. 2. 3023. 3. 3024. 4. 3025. 5. 3026. 6. 3027. 7. 3028. 8. 3029. 9. 3030. 10. 3031. 11. 3032. 12. 3033. 1. 3034. 2. 3035. 3. 3036. 4. 3037. 5. 3038. 6. 3039. 7. 3040. 8. 3041. 9. 3042. 10. 3043. 11. 3044. 12. 3045. 1. 3046. 2. 3047. 3. 3048. 4. 3049. 5. 3050. 6. 3051. 7. 3052. 8. 3053. 9. 3054. 10. 3055. 11. 3056. 12. 3057. 1. 3058. 2. 3059. 3. 3060. 4. 3061. 5. 3062. 6. 3063. 7. 3064. 8. 3065. 9. 3066. 10. 3067. 11. 3068. 12. 3069. 1. 3070. 2. 3071. 3. 3072. 4. 3073. 5. 3074. 6. 3075. 7. 3076. 8. 3077. 9. 3078. 10. 3079. 11. 3080. 12. 3081. 1. 3082. 2. 3083. 3. 3084. 4. 3085. 5. 3086. 6. 3087. 7. 3088. 8. 3089. 9. 3090. 10. 3091. 11. 3092. 12. 3093. 1. 3094. 2. 3095. 3. 3096. 4. 3097. 5. 3098. 6. 3099. 7. 3100. 8. 3101. 9. 3102. 10. 3103. 11. 3104. 12. 3105. 1. 3106. 2. 3107. 3. 3108. 4. 3109. 5. 3110. 6. 3111. 7. 3112. 8. 3113. 9. 3114. 10. 3115. 11. 3116. 12. 3117. 1. 3118. 2. 3119. 3. 3120. 4. 3121. 5. 3122. 6. 3123. 7. 3124. 8. 3125. 9. 3126. 10. 3127. 11. 3128. 12. 3129. 1. 3130. 2. 3131. 3. 3132. 4. 3133. 5. 3134. 6. 3135. 7. 3136. 8. 3137. 9. 3138. 10. 3139. 11. 3140. 12. 3141. 1. 3142. 2. 3143. 3. 3144. 4. 3145. 5. 3146. 6. 3147. 7. 3148. 8. 3149. 9. 3150. 10. 3151. 11. 3152. 12. 3153. 1. 3154. 2. 3155. 3. 3156. 4. 3157. 5. 3158. 6. 3159. 7. 3160. 8. 3161. 9. 3162. 10. 3163. 11. 3164. 12. 3165. 1. 3166. 2. 3167. 3. 3168. 4. 3169. 5. 3170. 6. 3171. 7. 3172. 8. 3173. 9. 3174. 10. 3175. 11. 3176. 12. 3177. 1. 3178. 2. 3179. 3. 3180. 4. 3181. 5. 3182. 6. 3183. 7. 3184. 8. 3185. 9. 3186. 10. 3187. 11. 3188. 12. 3189. 1. 3190. 2. 3191. 3. 3192. 4. 3193. 5. 3194. 6. 3195. 7. 3196. 8. 3197. 9. 3198. 10. 3199. 11. 3200. 12. 3201. 1. 3202. 2. 3203. 3. 3204. 4. 3205. 5. 3206. 6. 3207. 7. 3208. 8. 3209. 9. 3210. 10. 3211. 11. 3212. 12. 3213. 1. 3214. 2. 3215

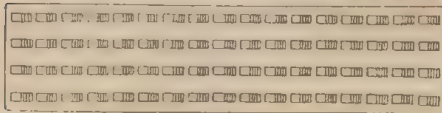
A



B

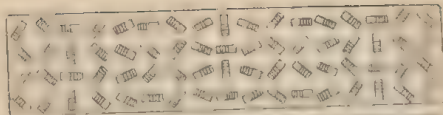


C

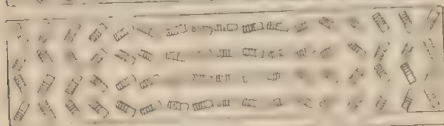




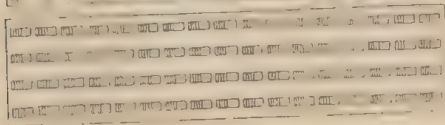
13A



A



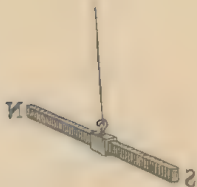
B



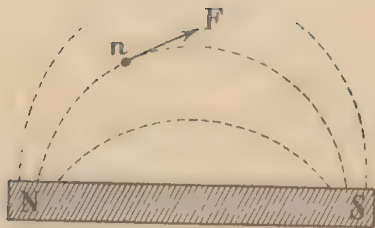
C

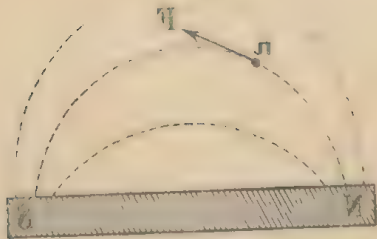
190

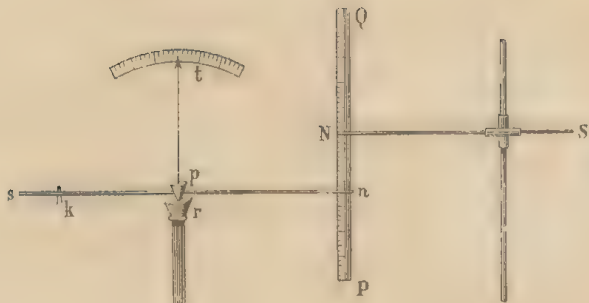




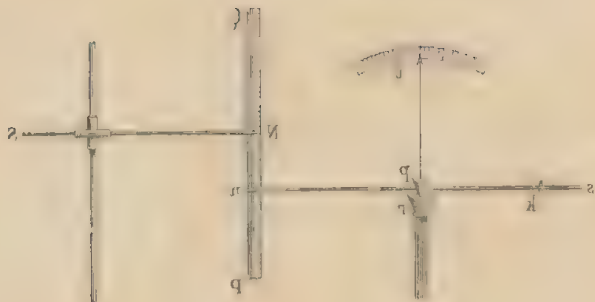












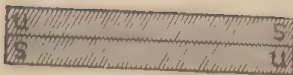


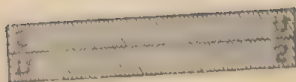
200

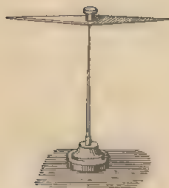




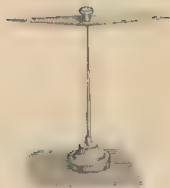
19













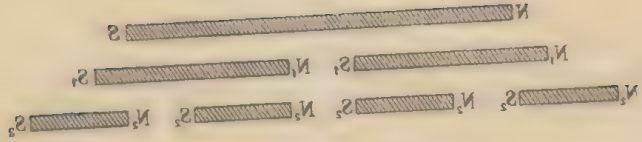




N  S

$N_1$    $S_1$      $N_1$    $S_1$

$N_2$    $S_2$      $N_2$    $S_2$      $N_2$    $S_2$      $N_2$    $S_2$





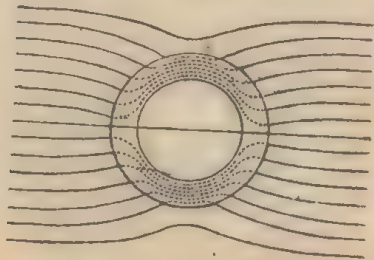
197



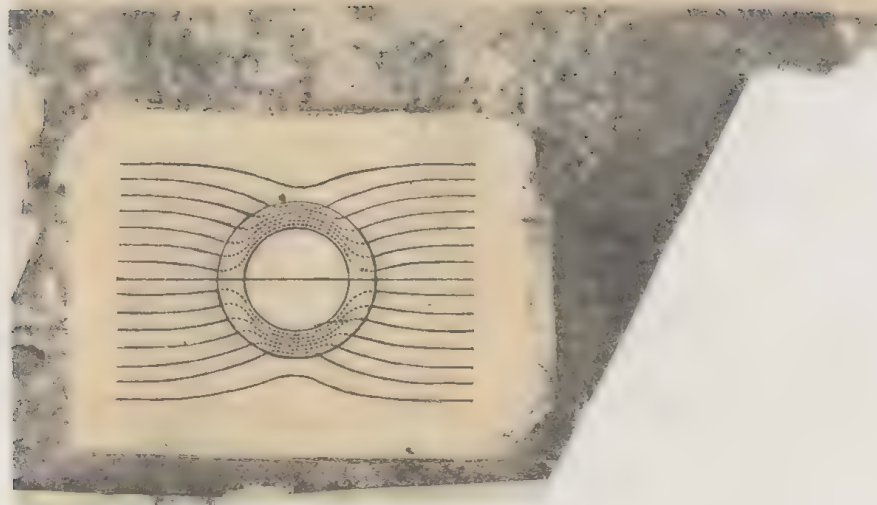
686



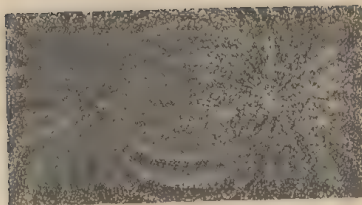
195

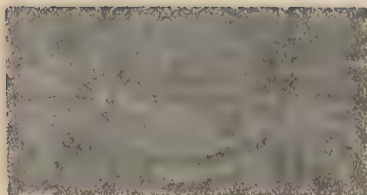




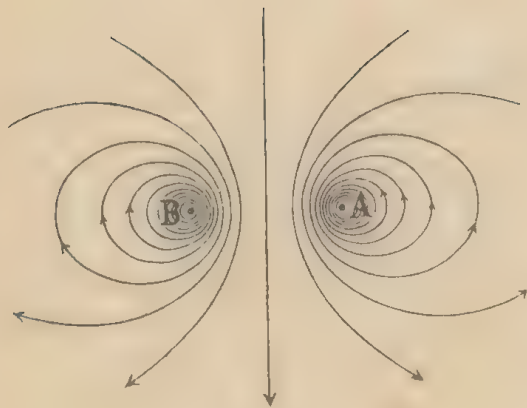


123

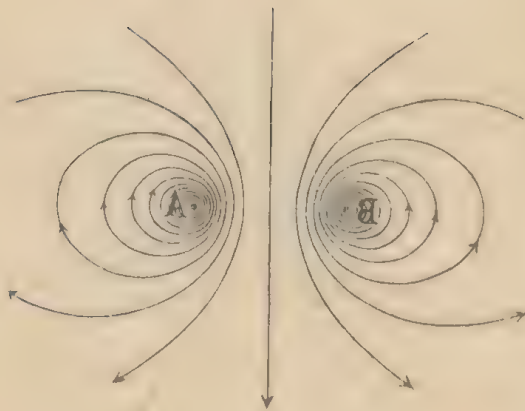








142





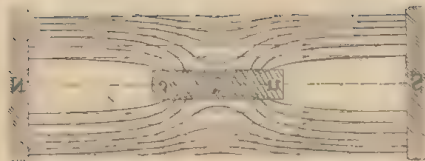
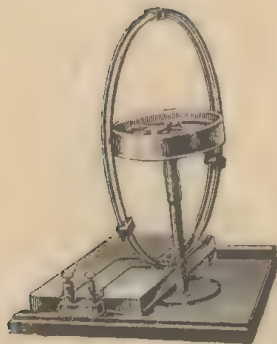
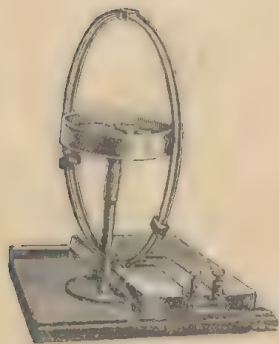
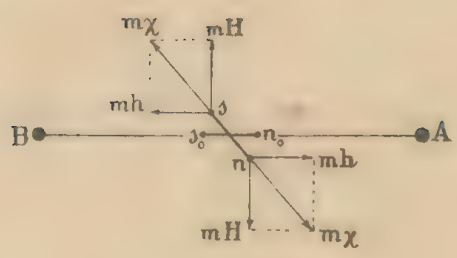


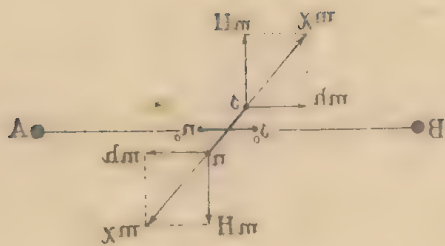


Fig. 1





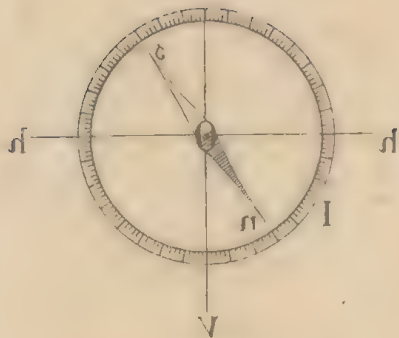




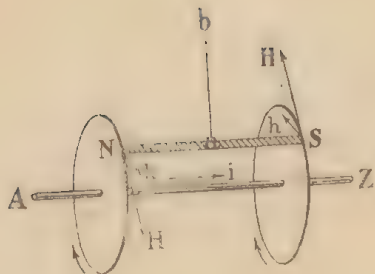


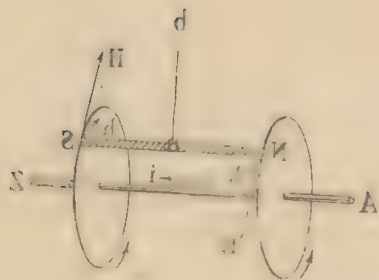
200





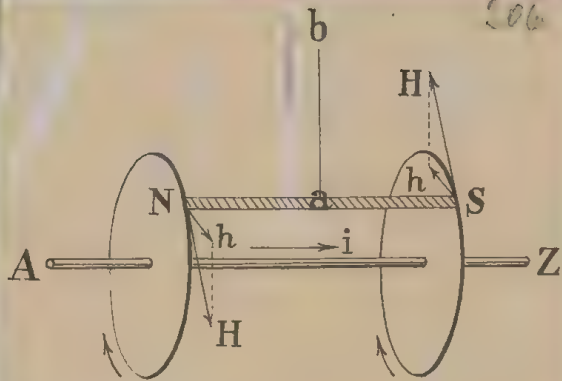
205





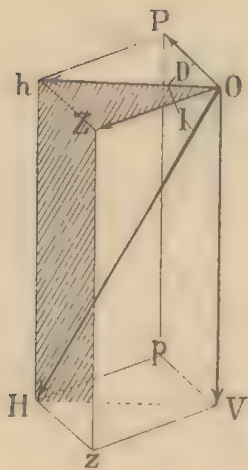


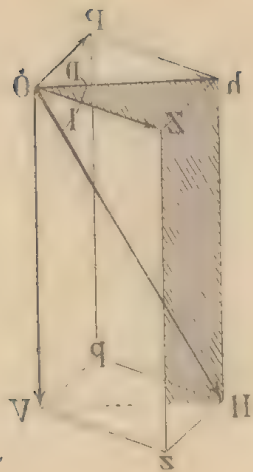
206



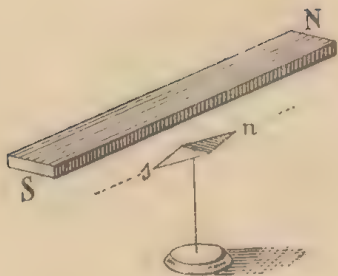
Ry.

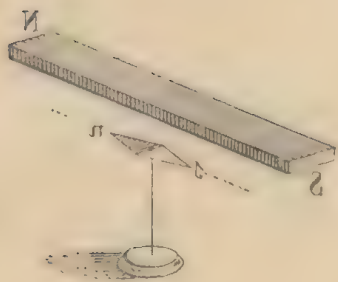
2/3



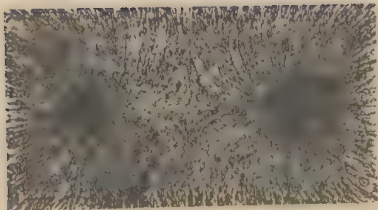


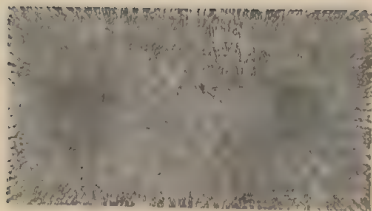






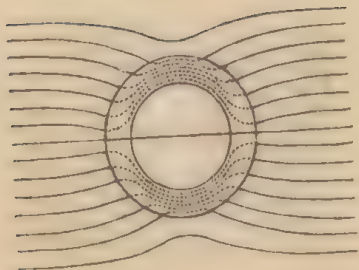
209



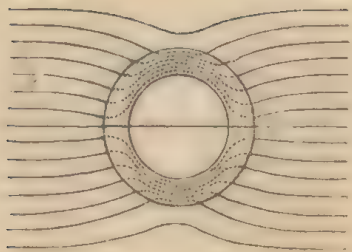


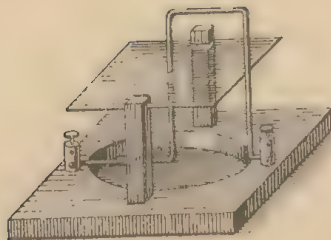


210

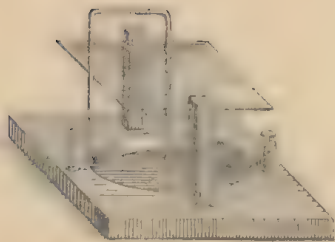


55

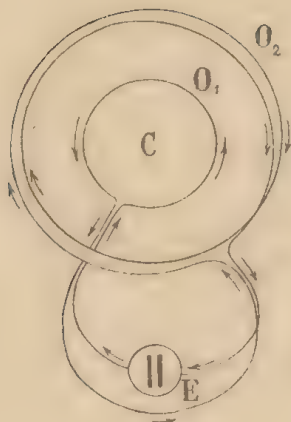


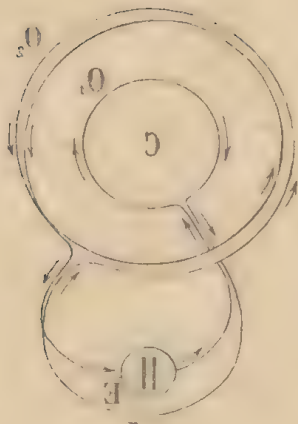


942

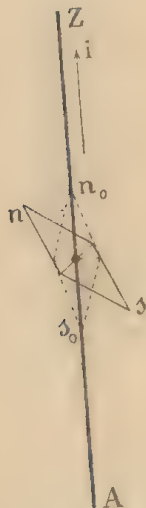




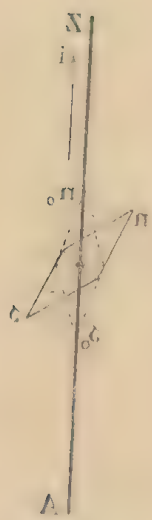




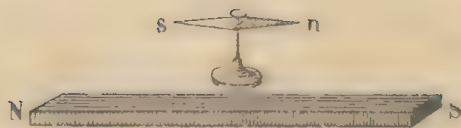
213



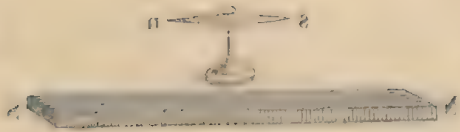
174

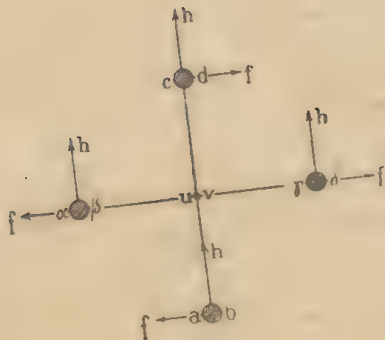






142







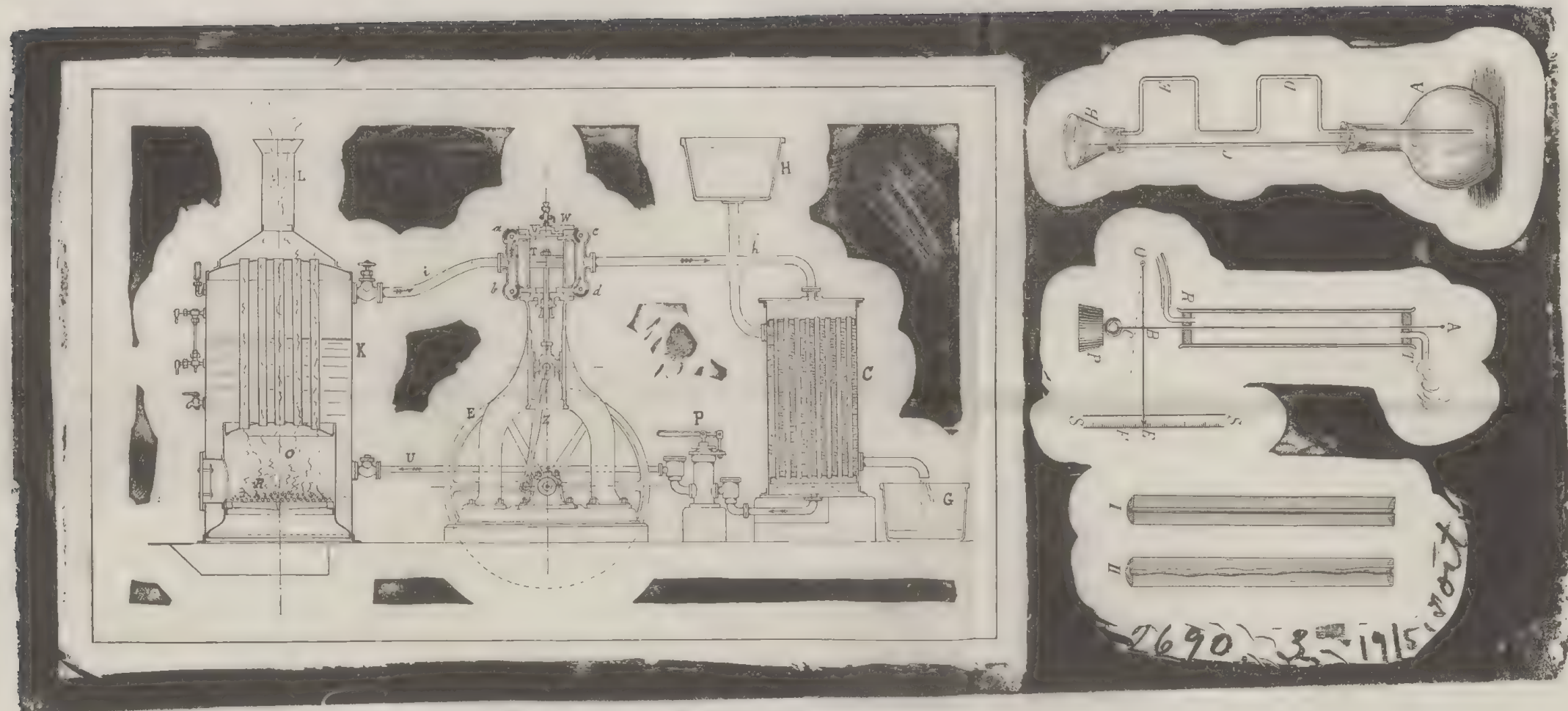


216



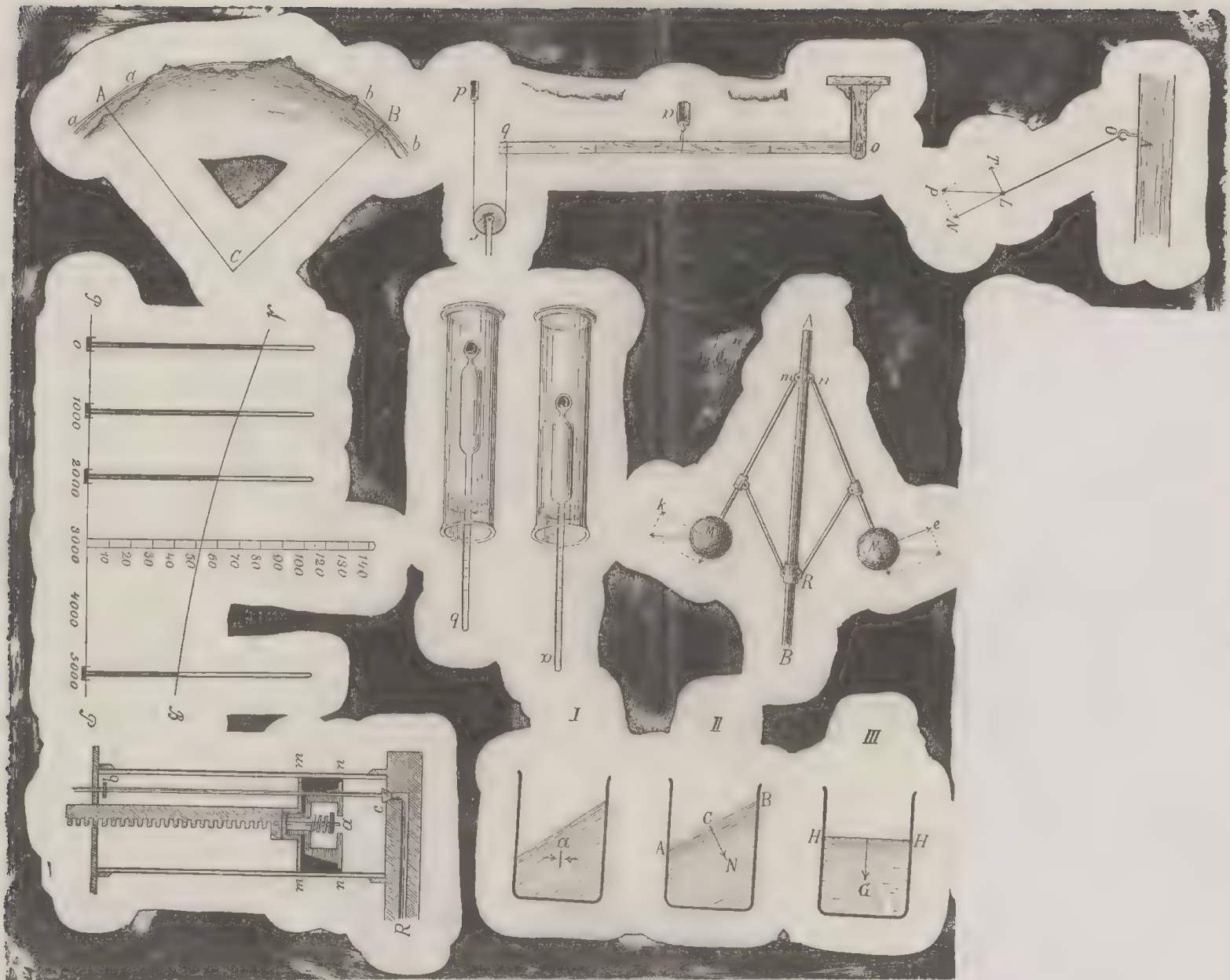
112

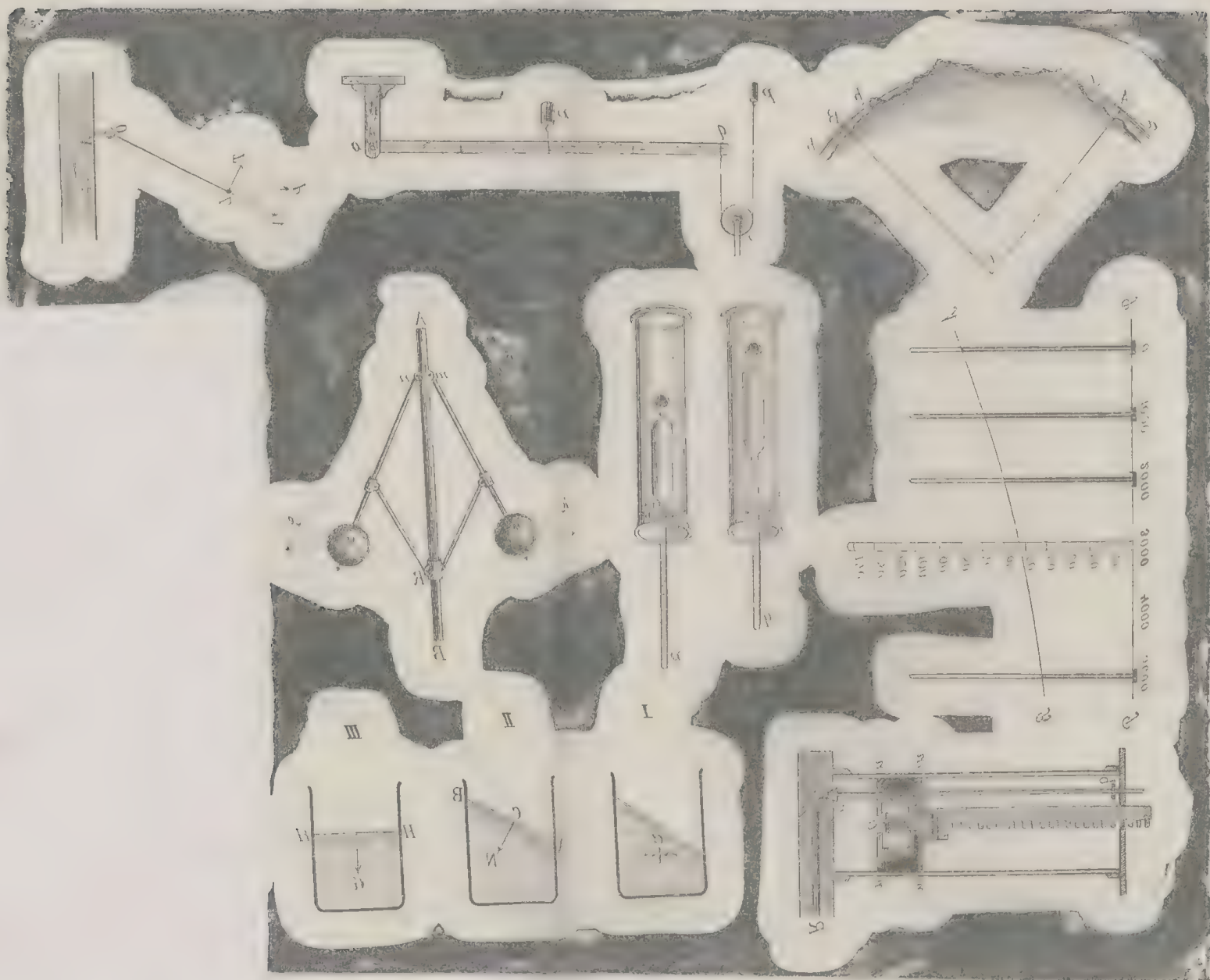


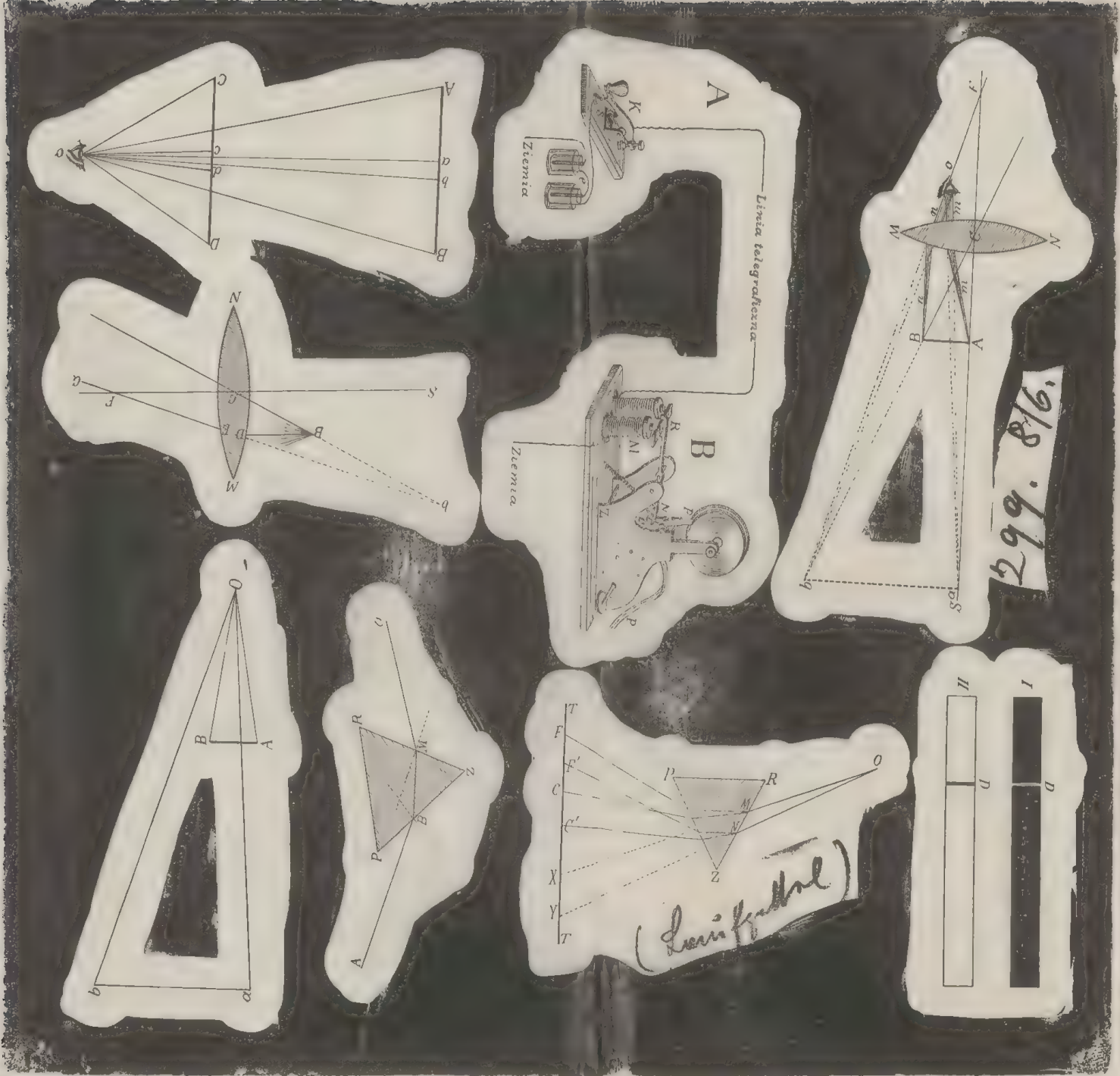








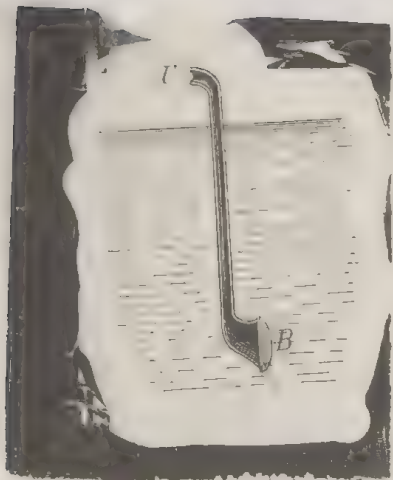










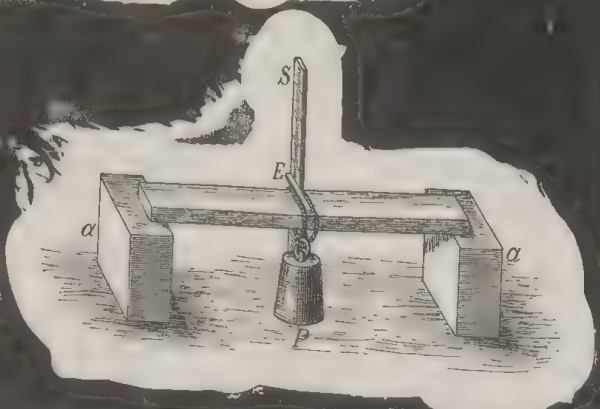
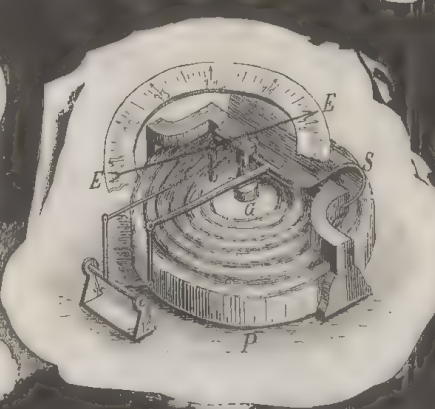
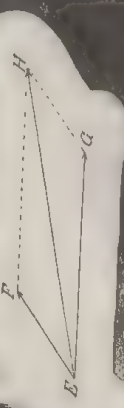
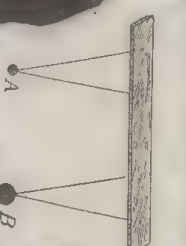
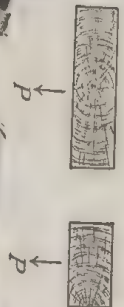
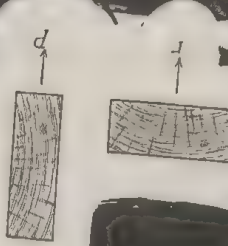
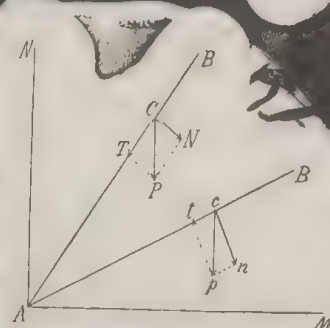
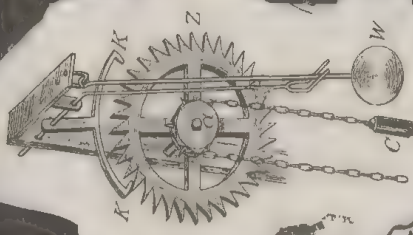
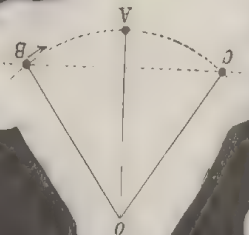
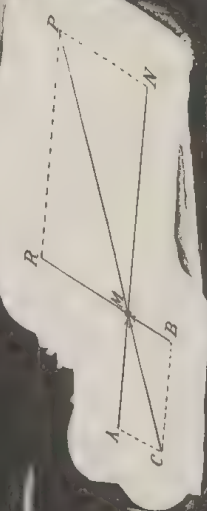
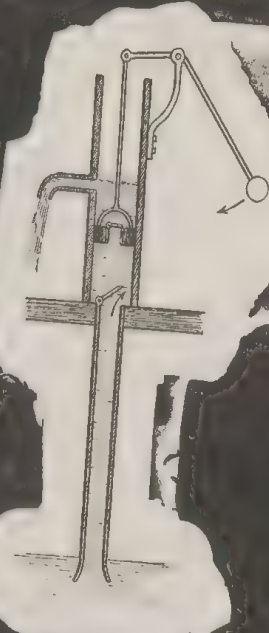
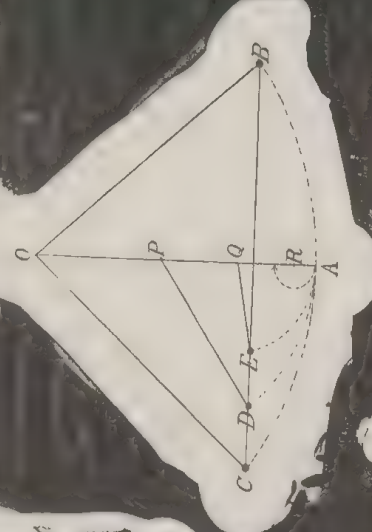
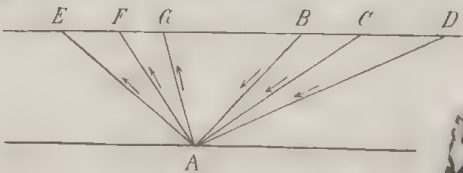
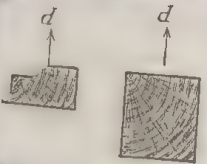
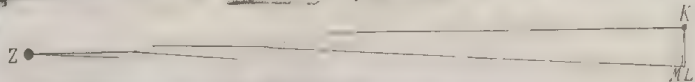


1-1

110

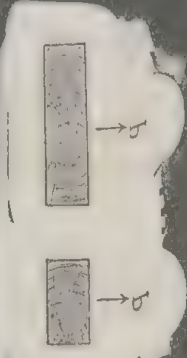
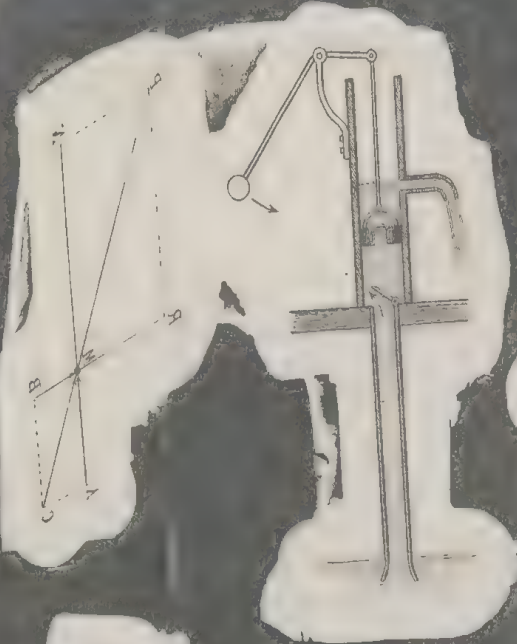
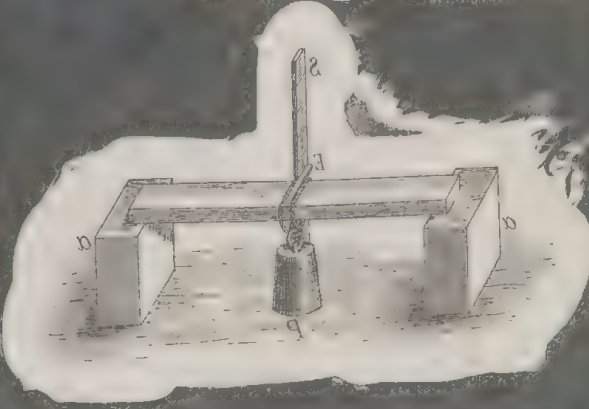
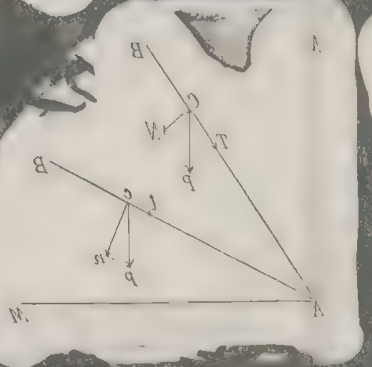
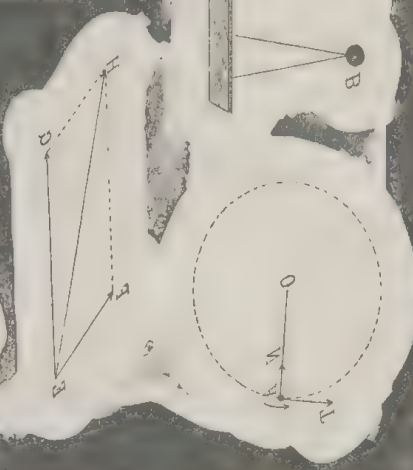
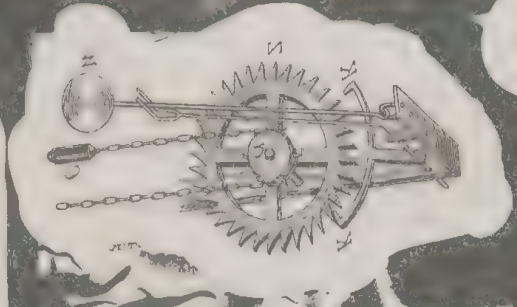
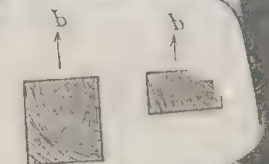
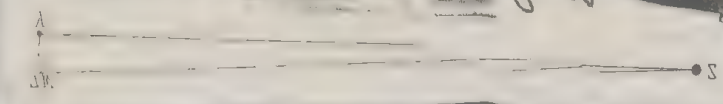


Fig. 108 2621

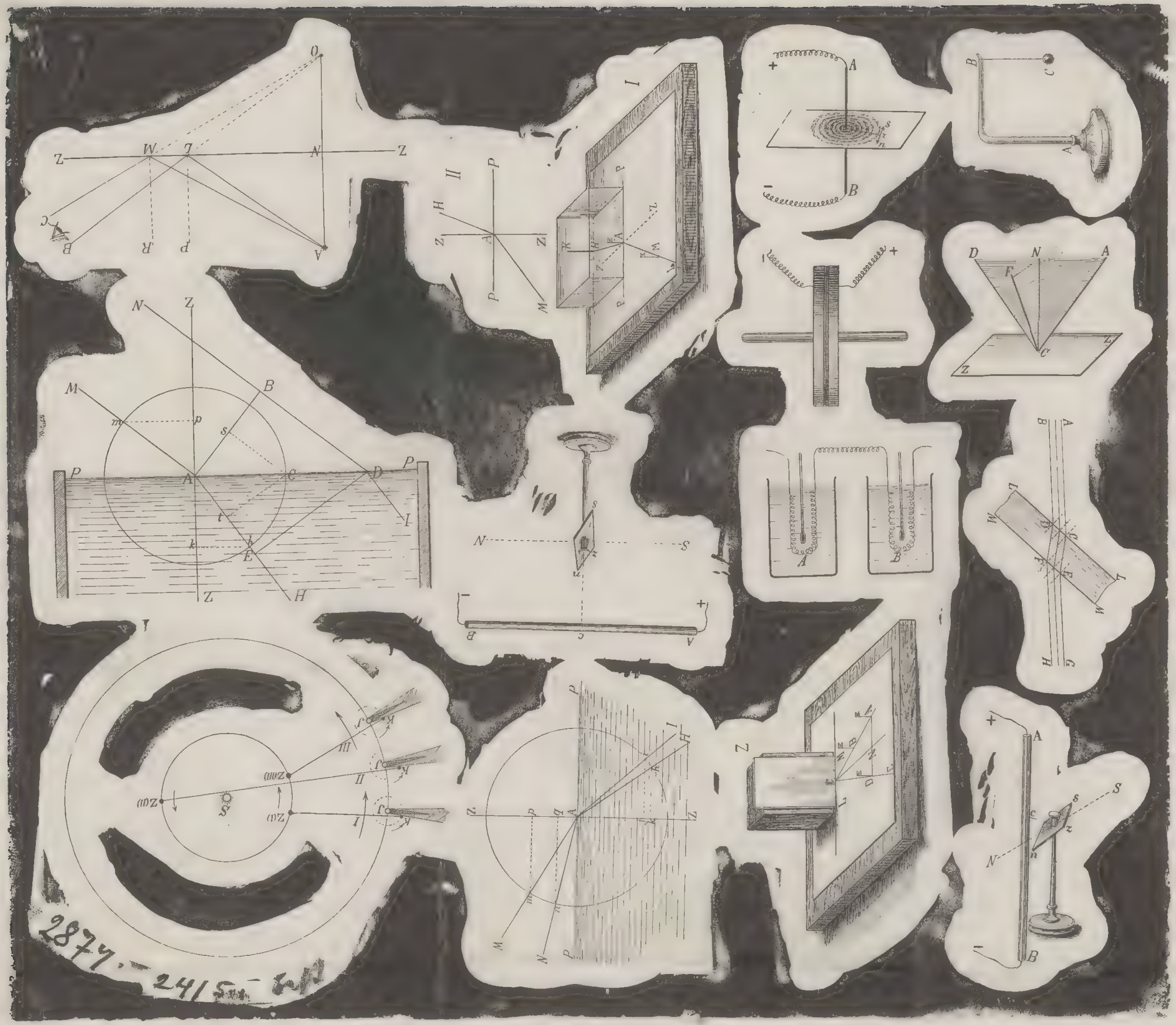




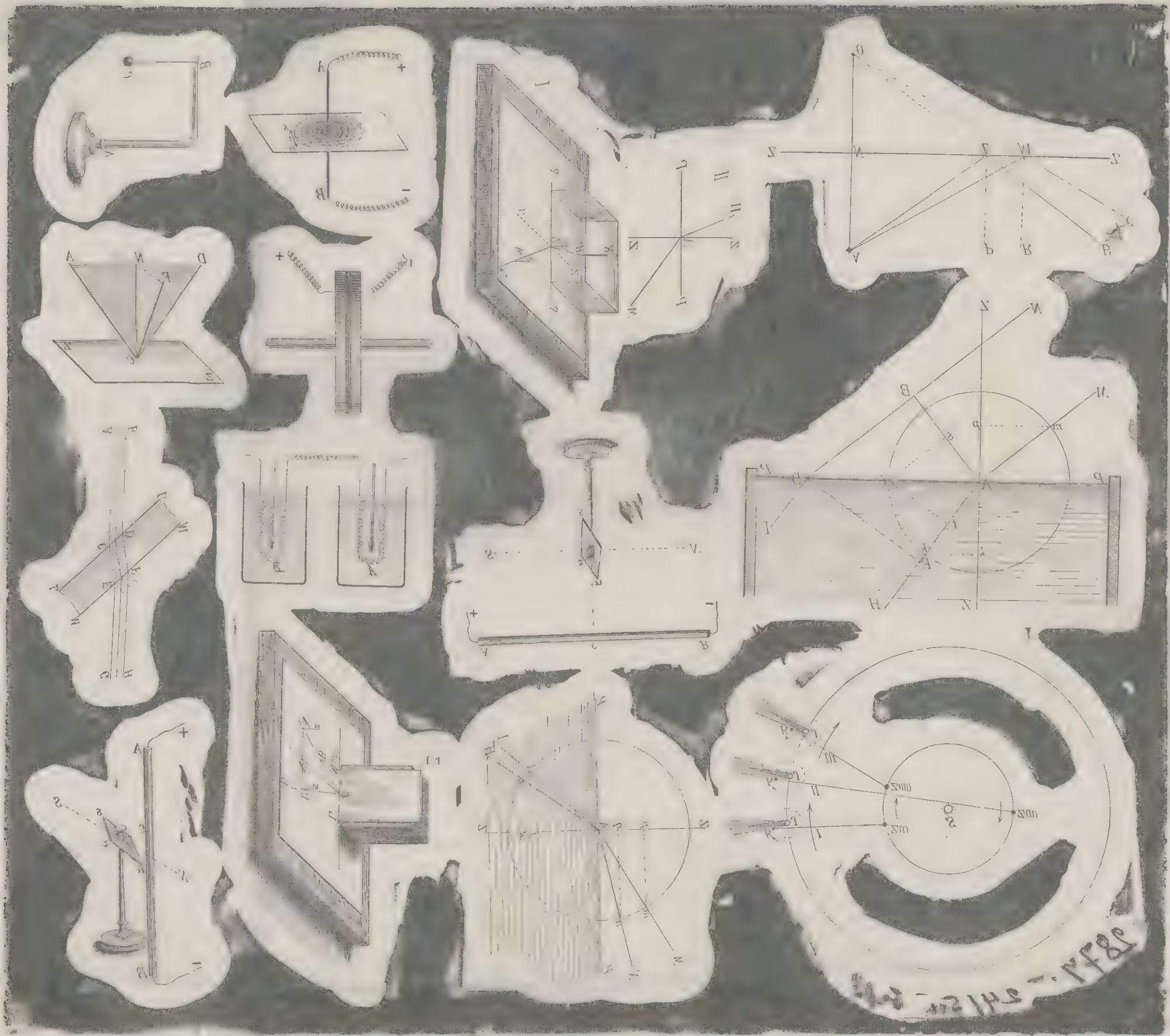
Mod 1108 5251



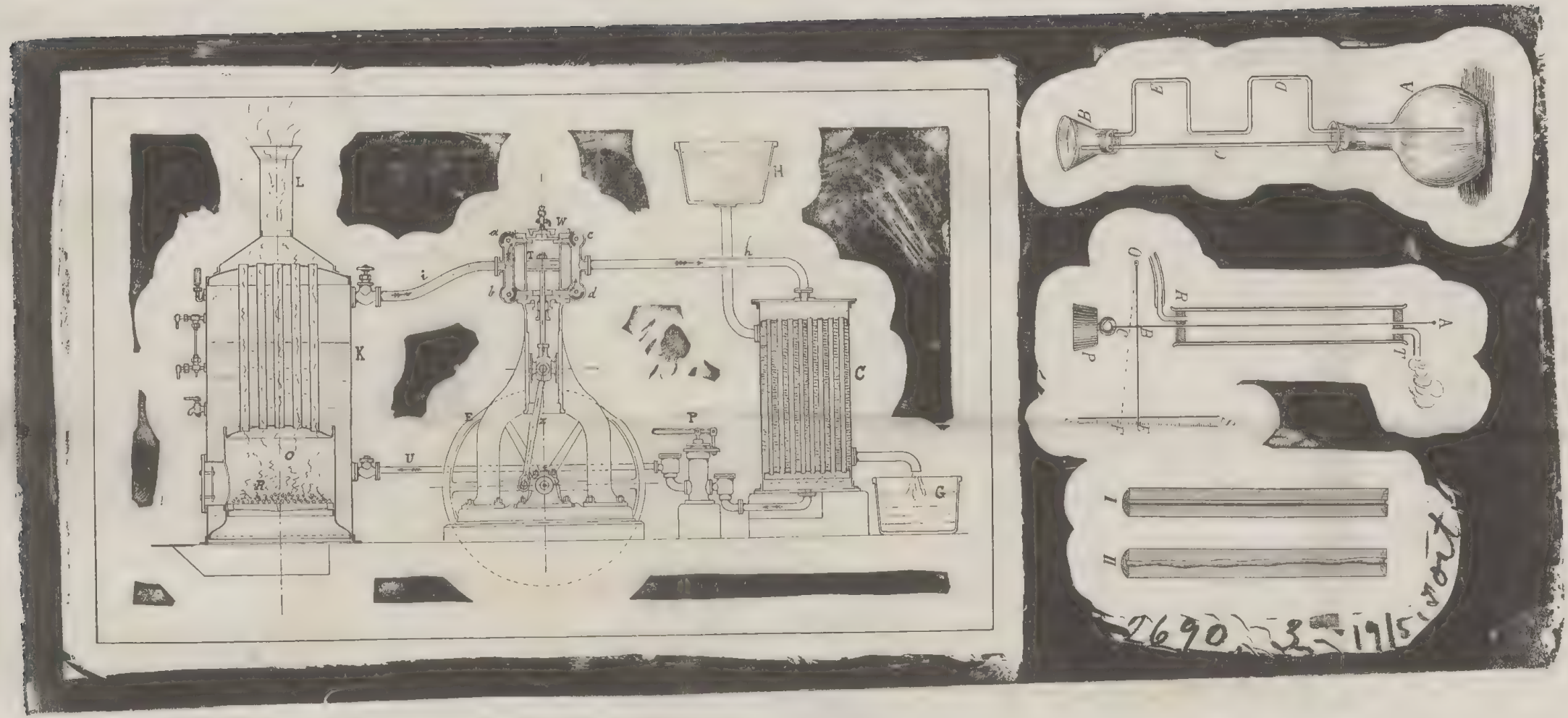








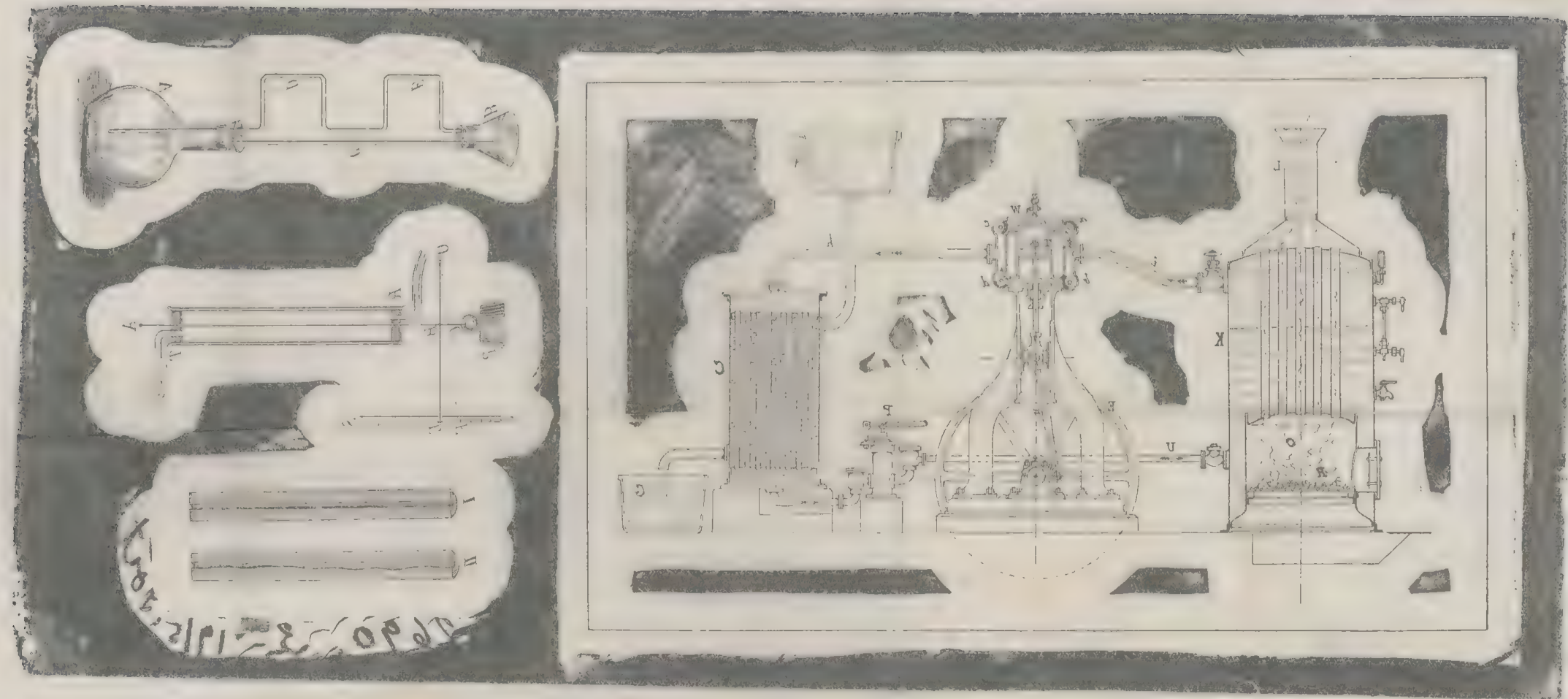
841-1782



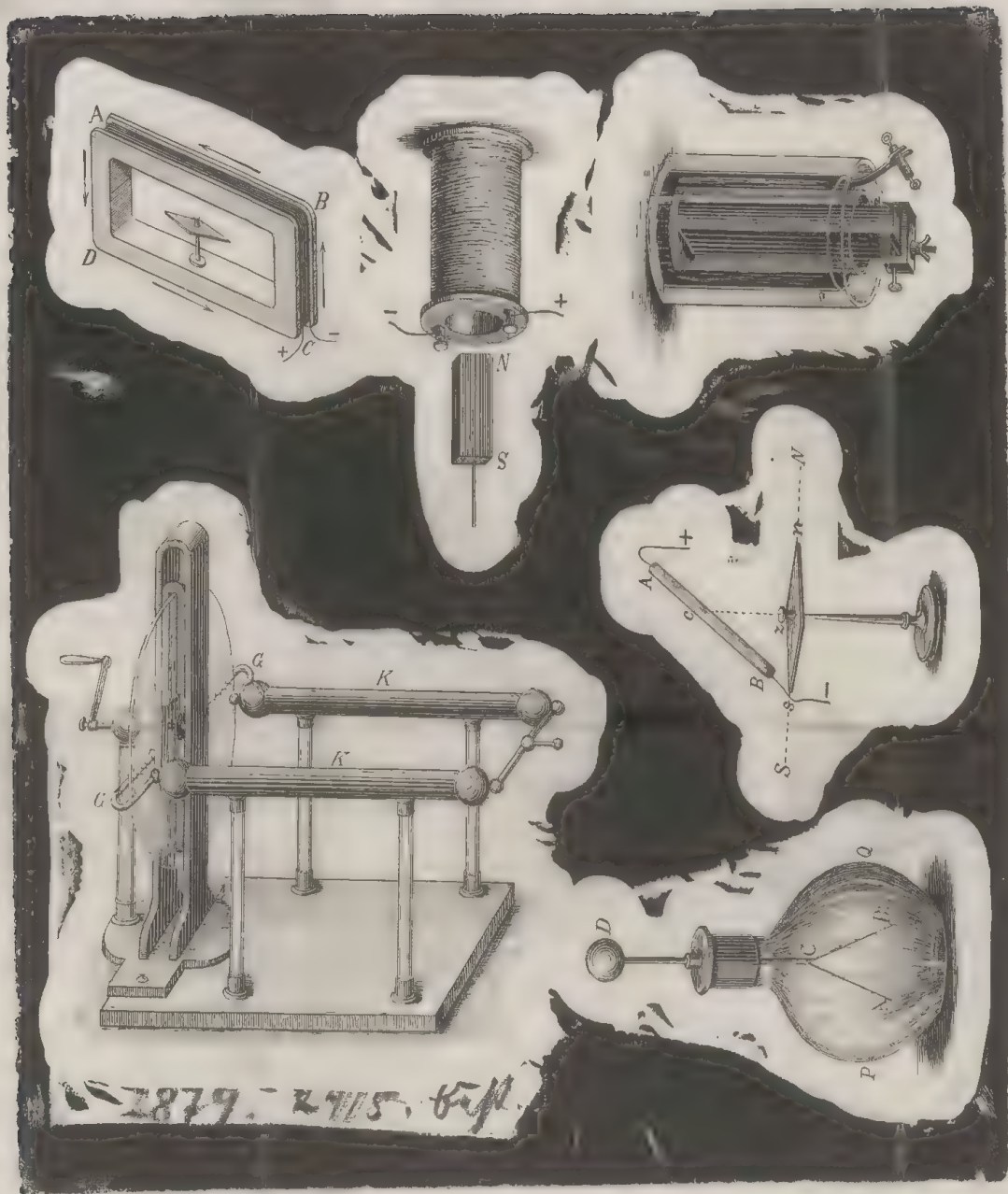
2

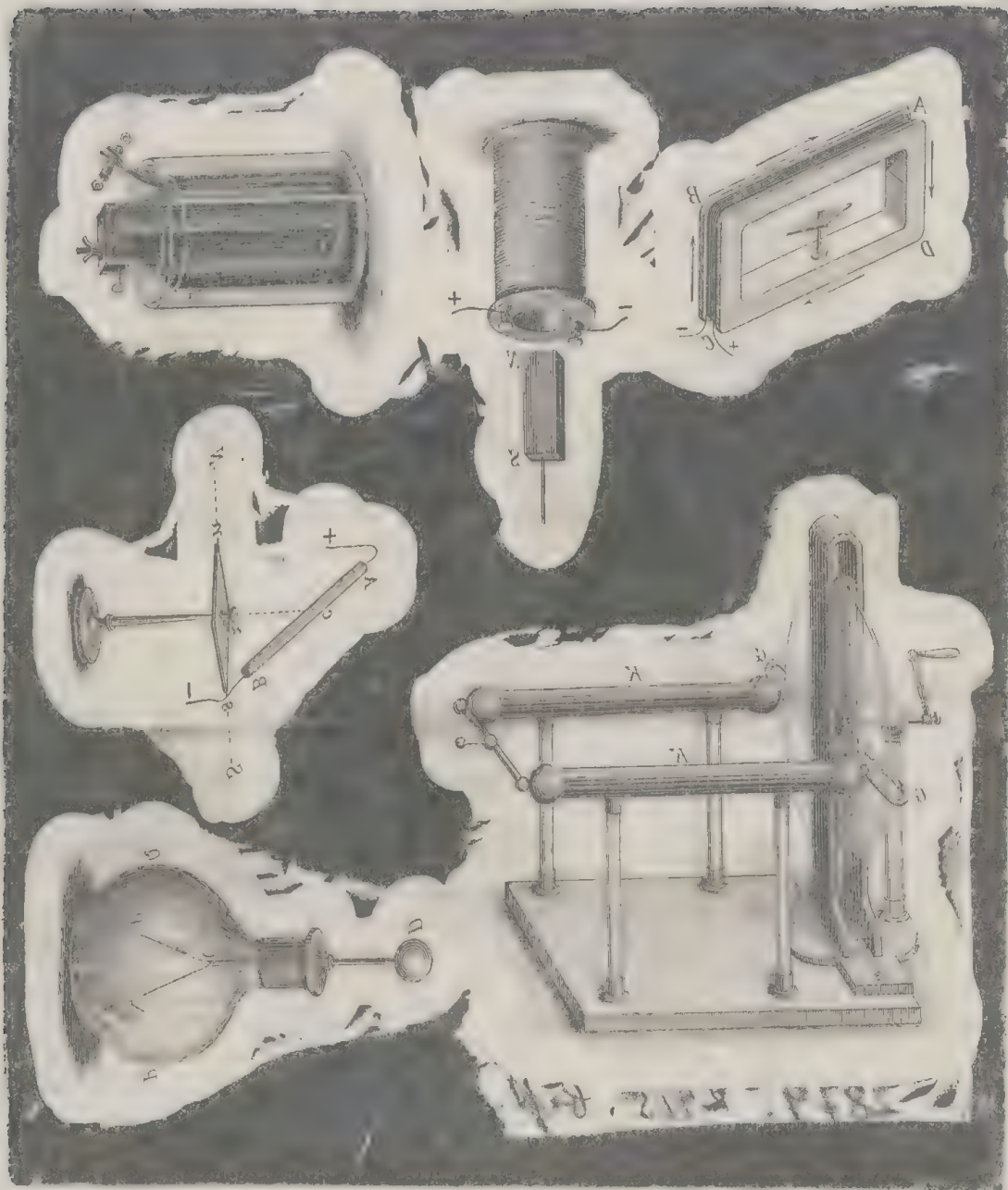


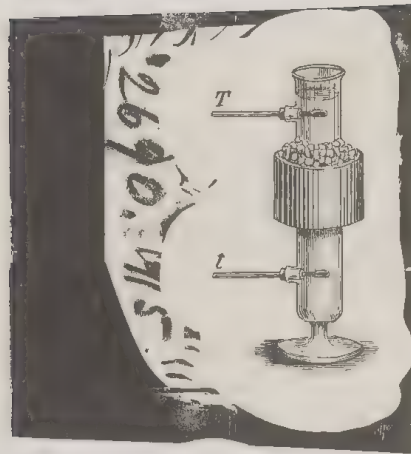
aj



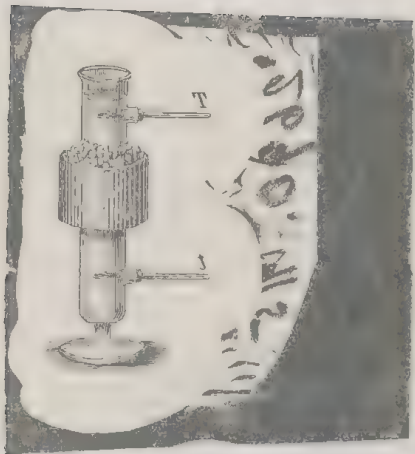




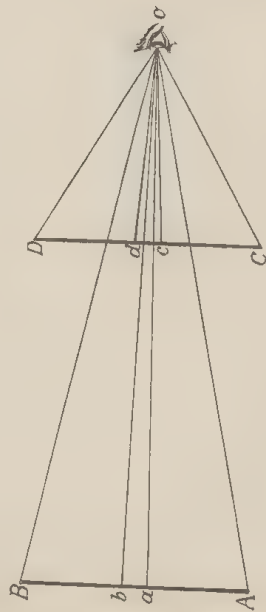
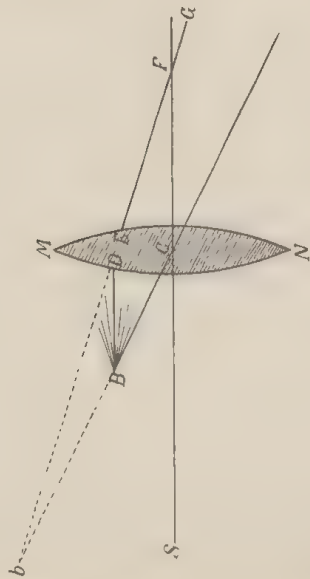
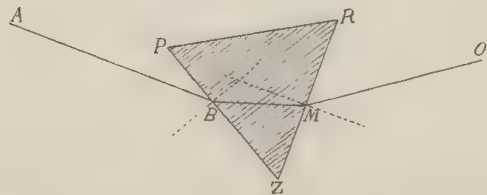
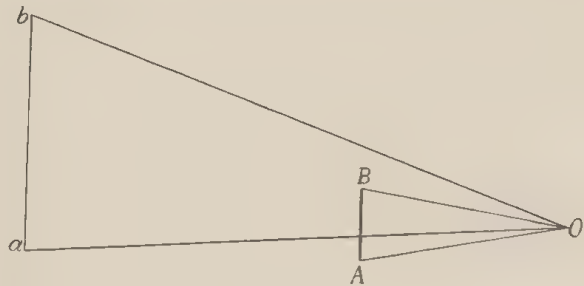


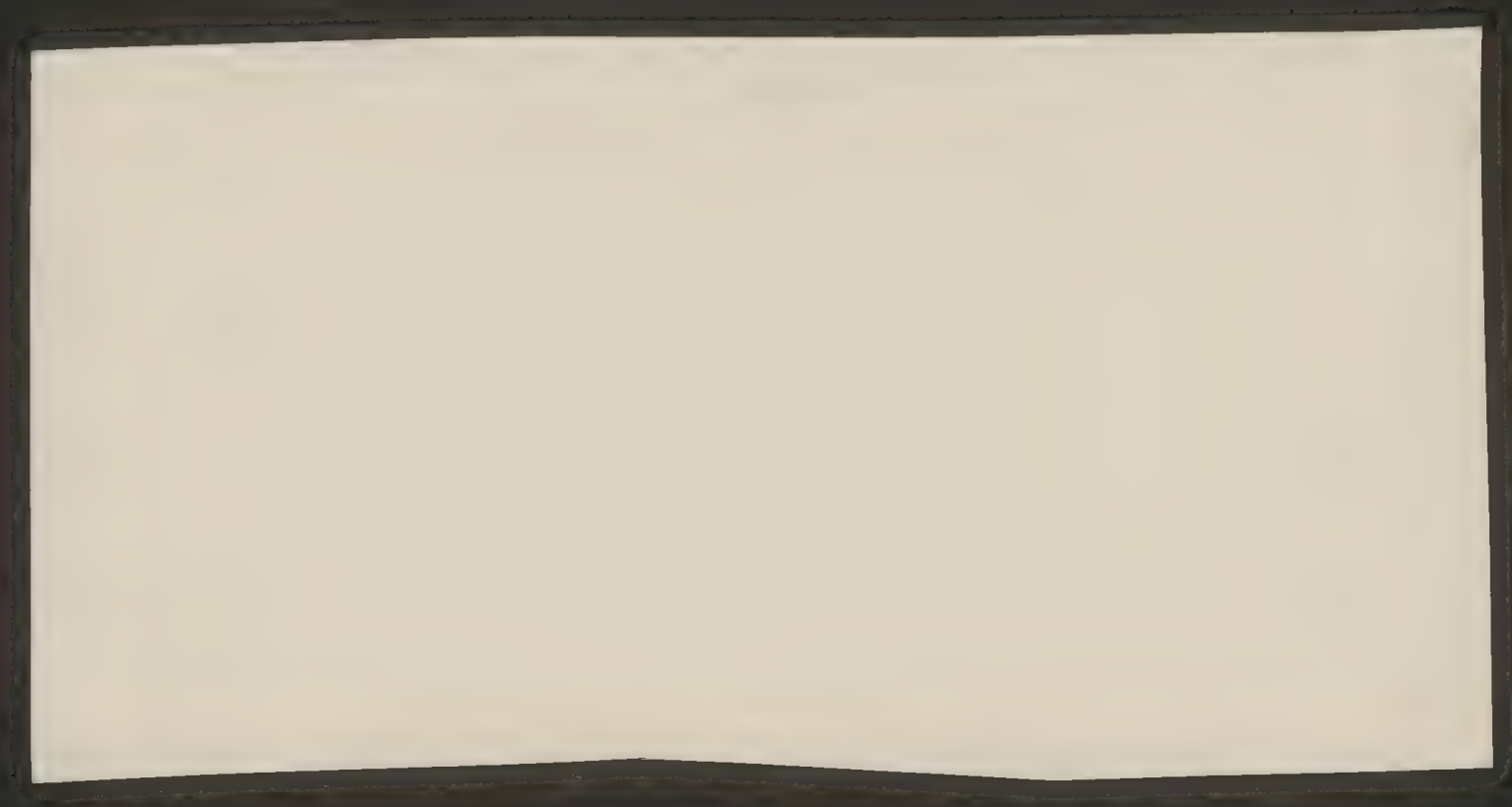


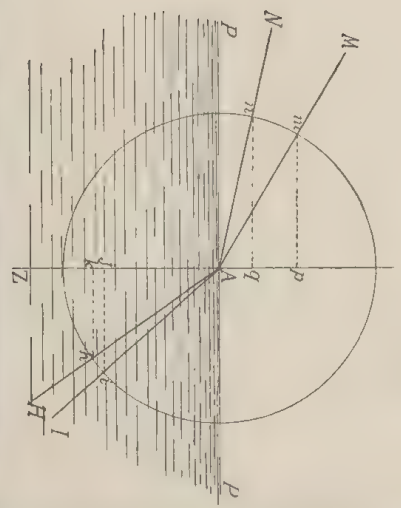
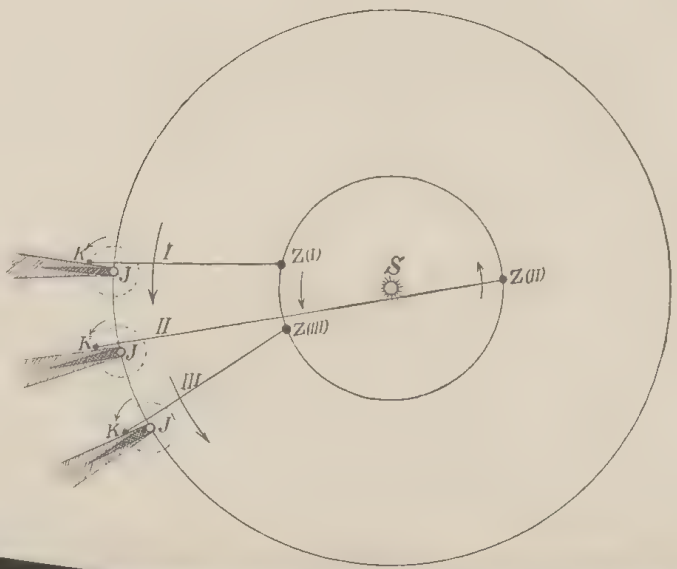
225

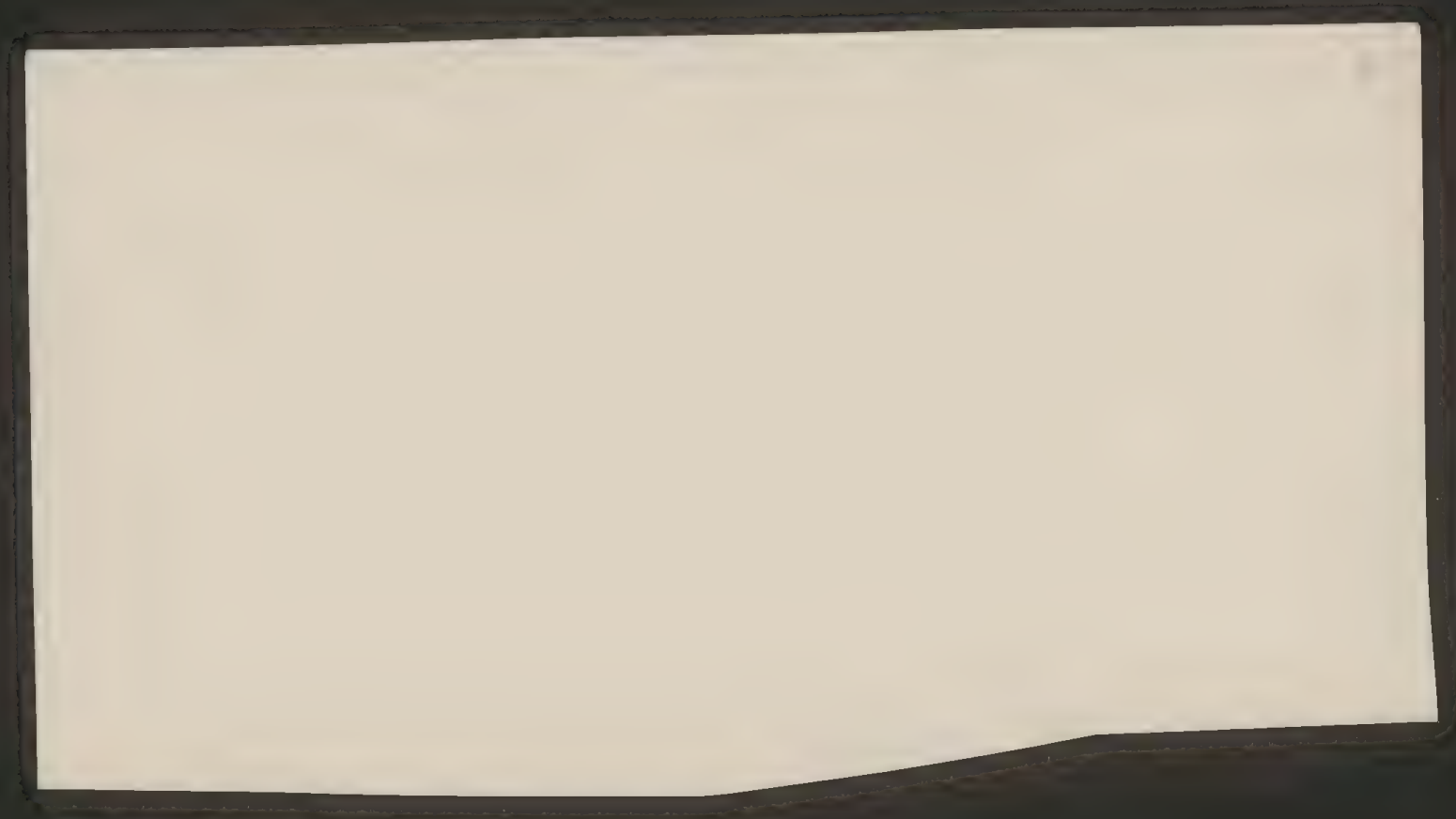




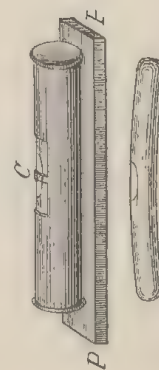
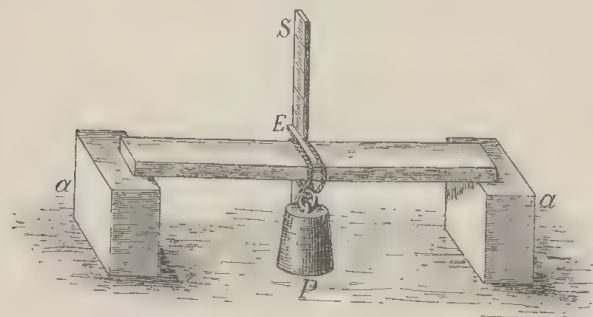
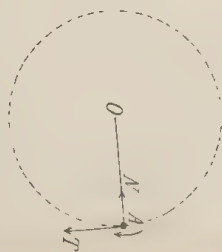
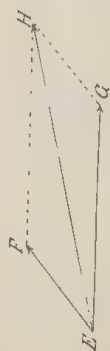
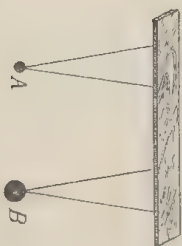
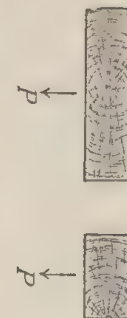
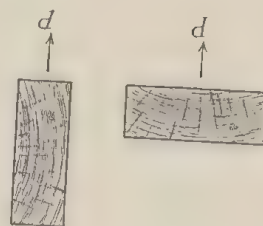
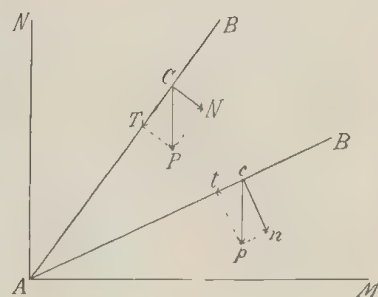
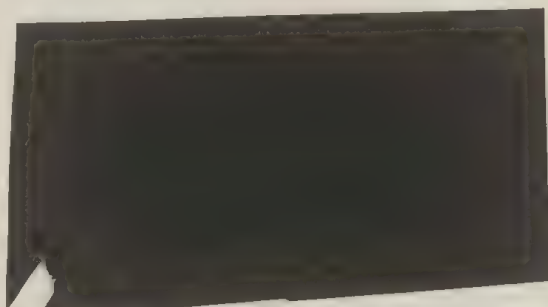
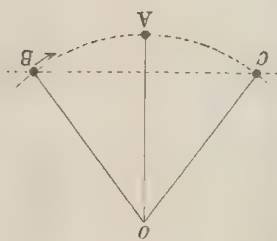
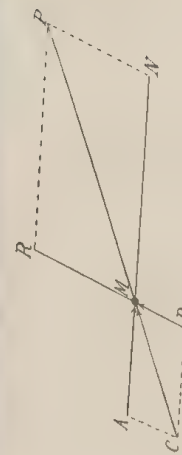
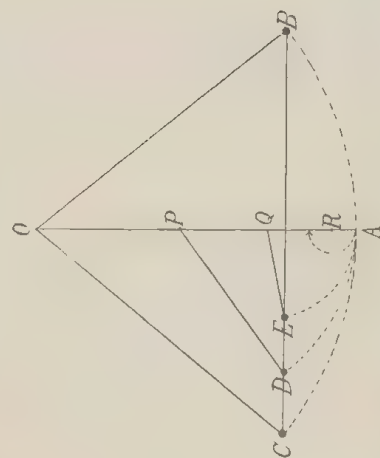
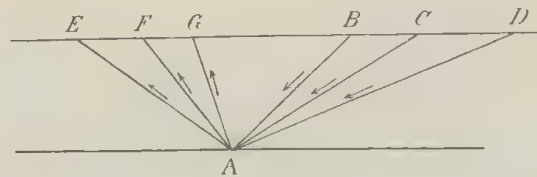
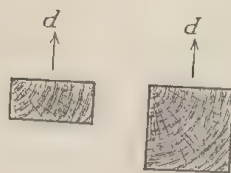
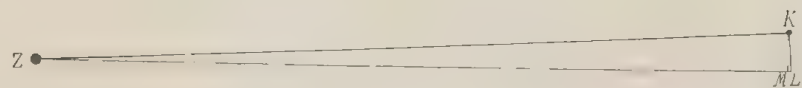




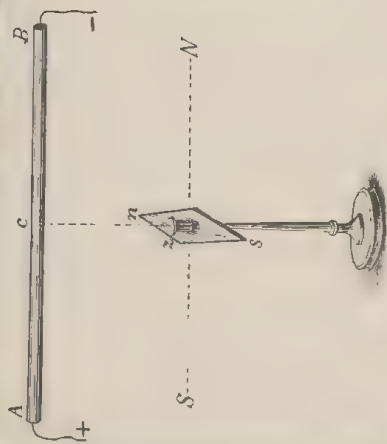
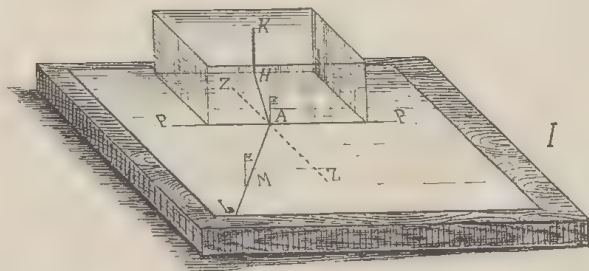
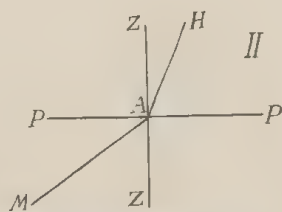
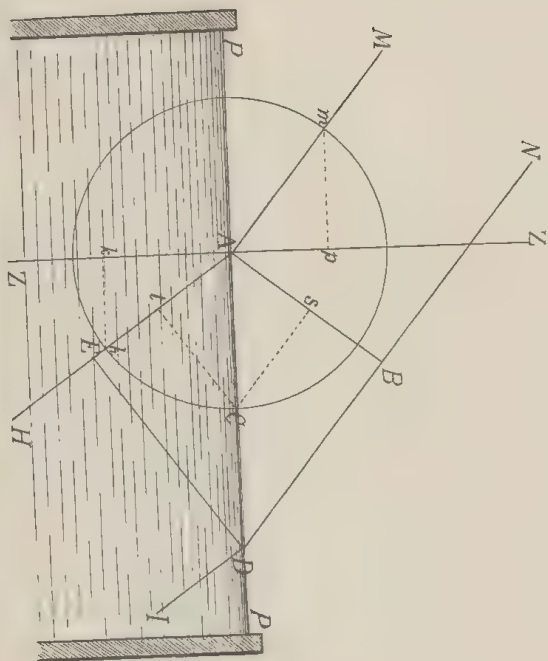


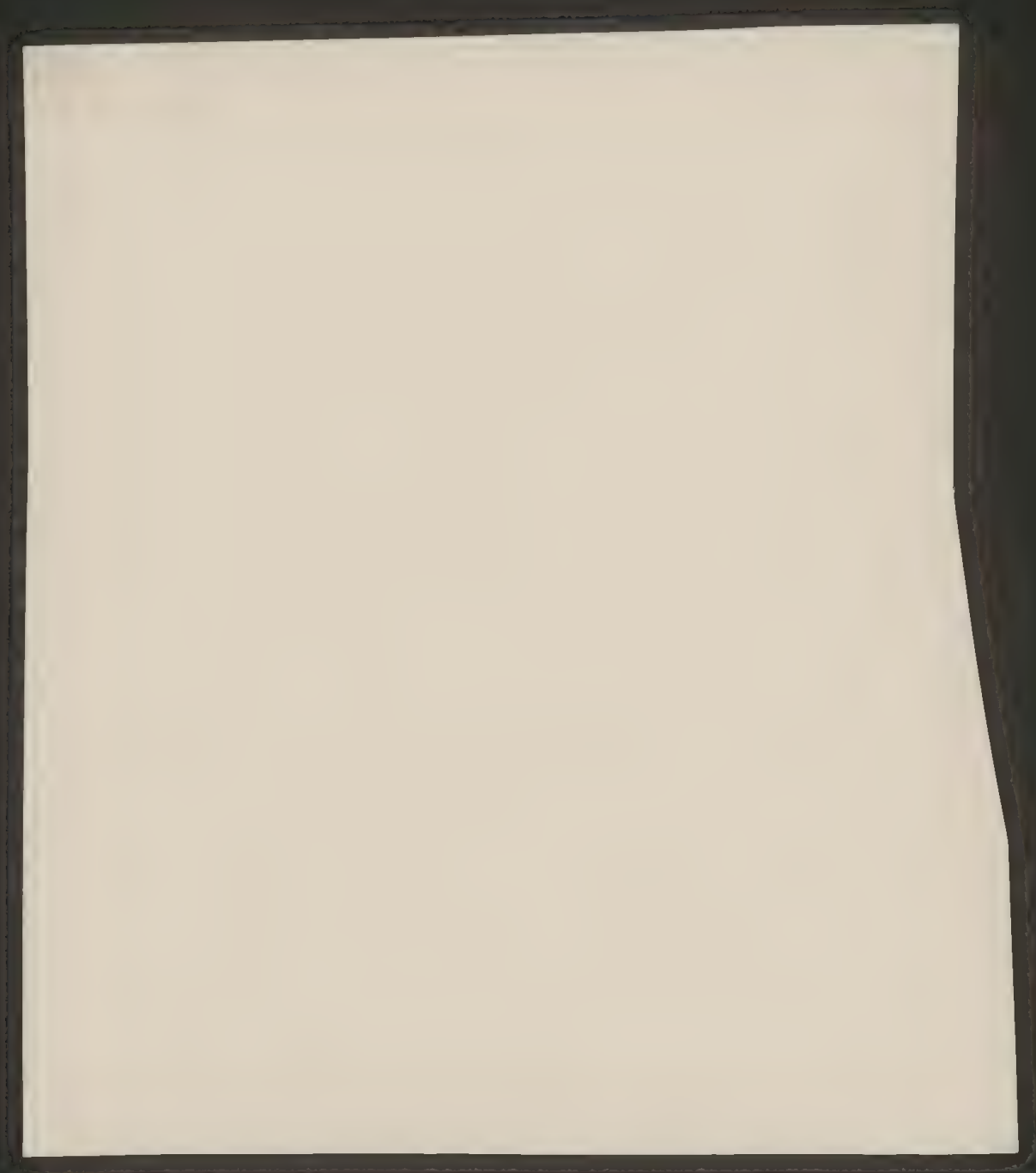




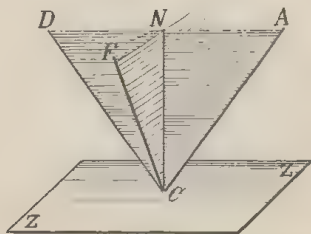
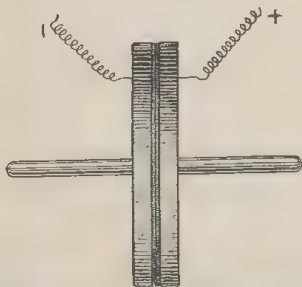
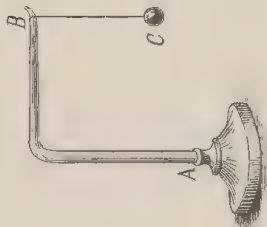
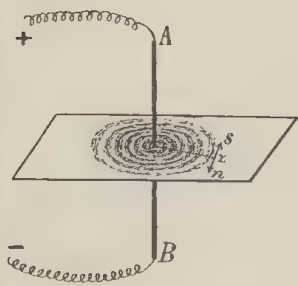




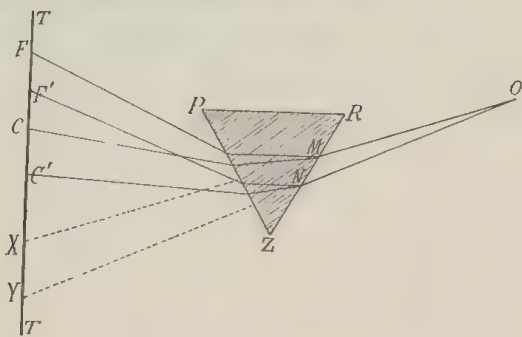
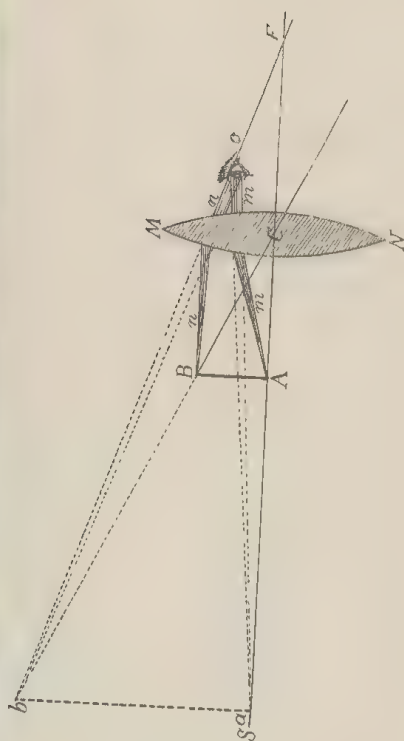






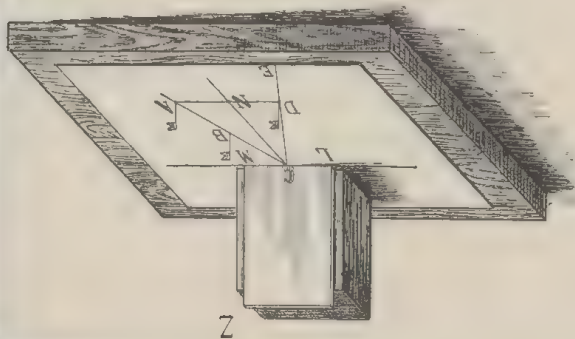
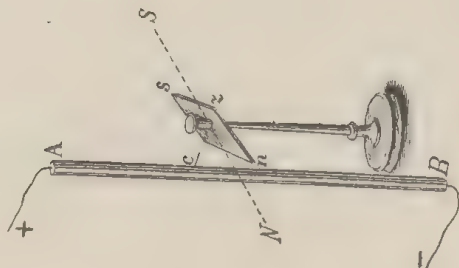
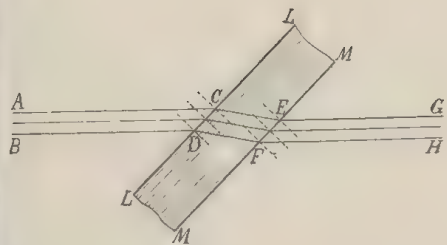


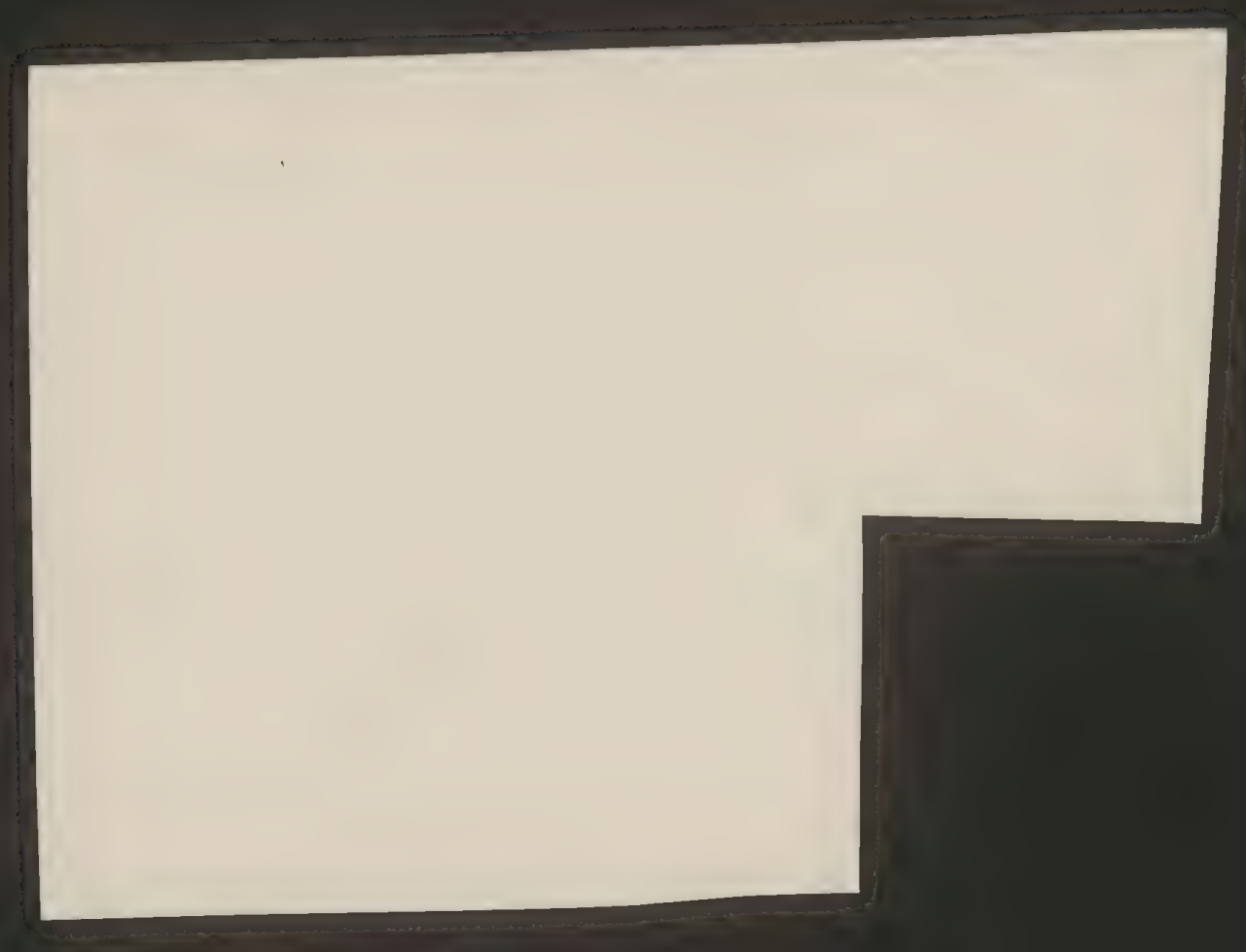


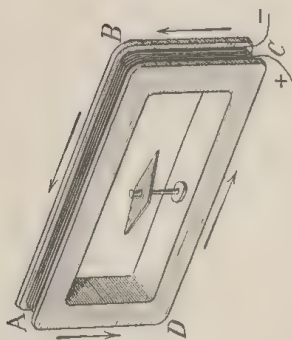
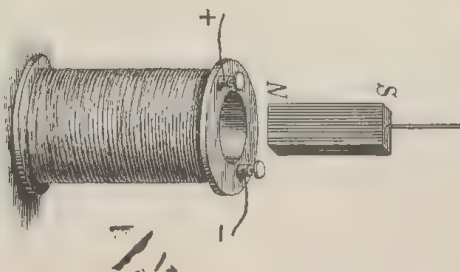
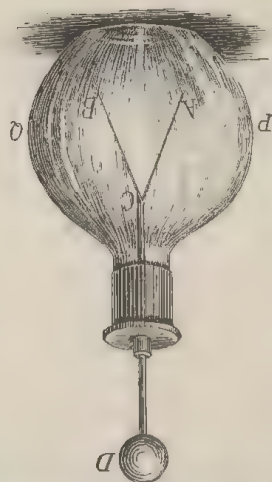
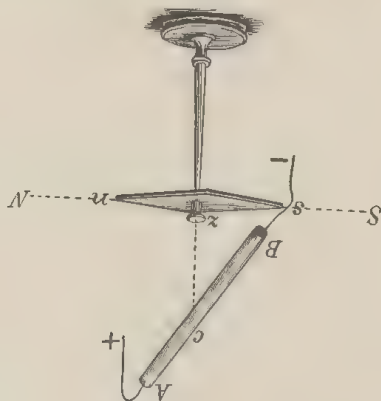
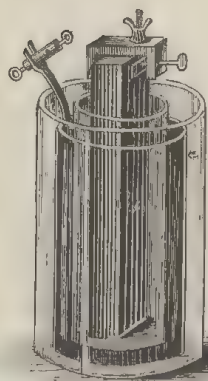






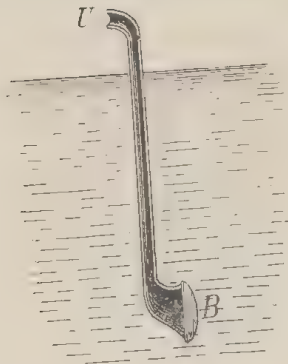




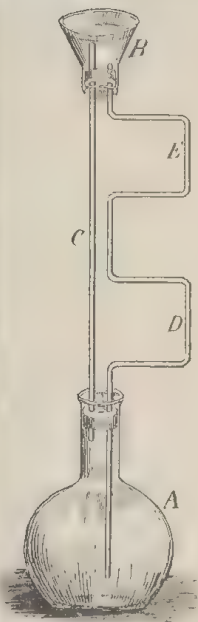


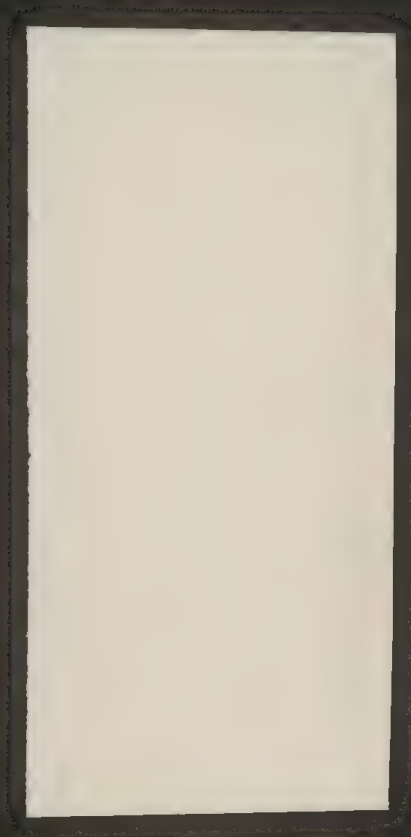




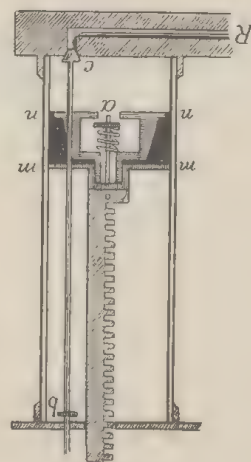
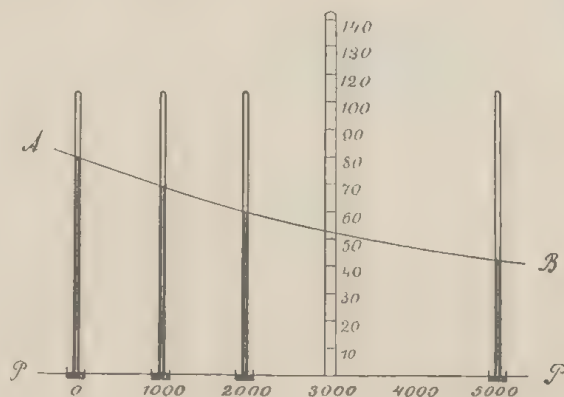
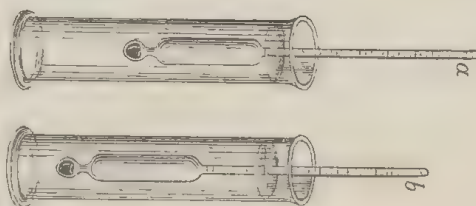
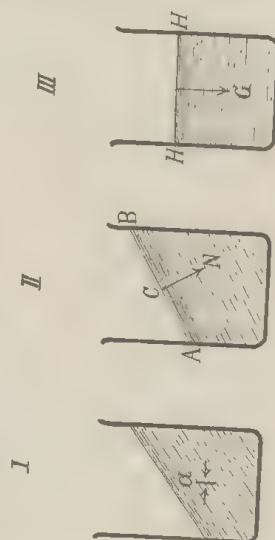
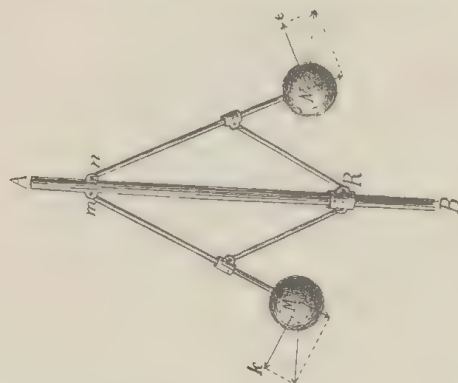
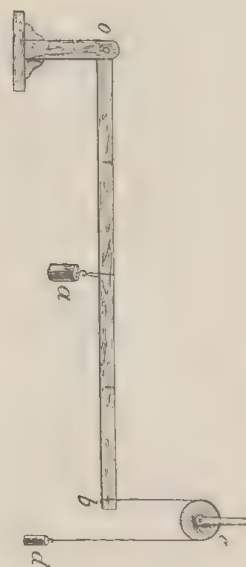
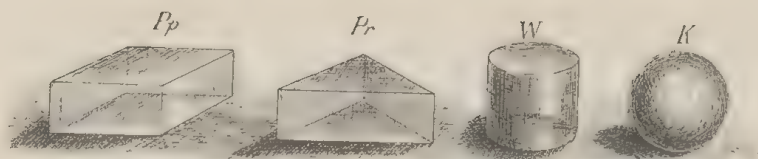
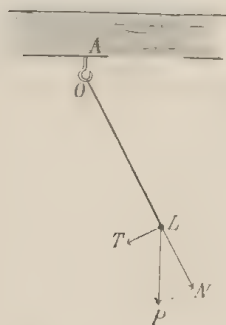


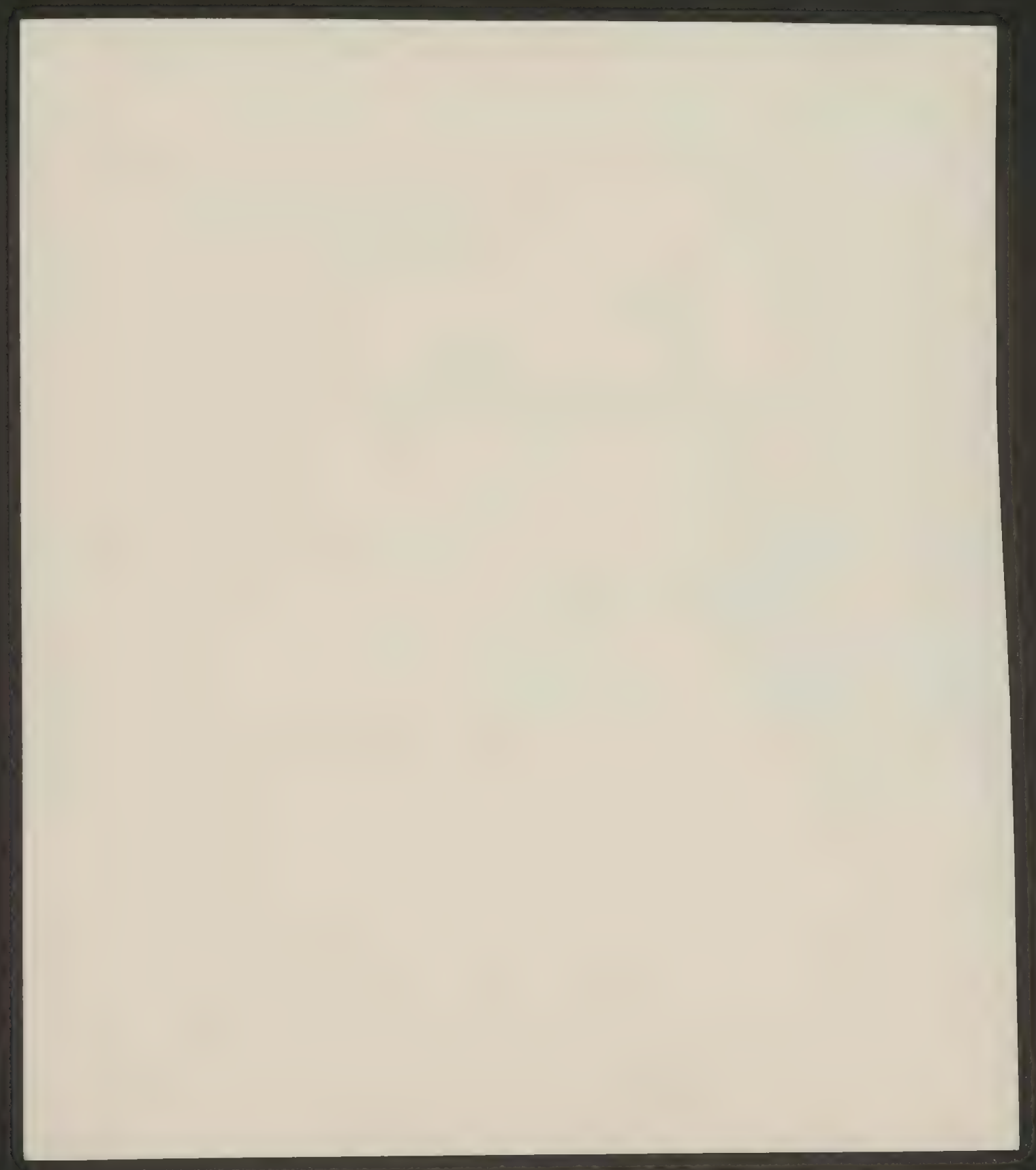












II Rys. 60.

61

62

63.

74

78

79

83

84

91

95

99

102

I. 1

5

11.

12

24

25 (same name)

26 ( — )

27 ( — )

30.

31 ( — )

32 ( — )

33 ( — )

34 ( — )

38

39

45

46

47

48

49

52

 $\frac{1}{2}7 - 7$ 

Sobota

III 115

IV 121

126

127

129

136

V

147

151

154

155

156

157

159

163

164

165

166

167

168

169 (*Vireo brevis*)

170 (——)

171 (——)

172 (——)

173 (——)

174 (——)

VI

180

183

184

190

191

192

195

198

199

200

201 (*Vireo brevis*)

202 (——)

203 (——)

204 (——)

205 (——)

206 (——)

207 (——)

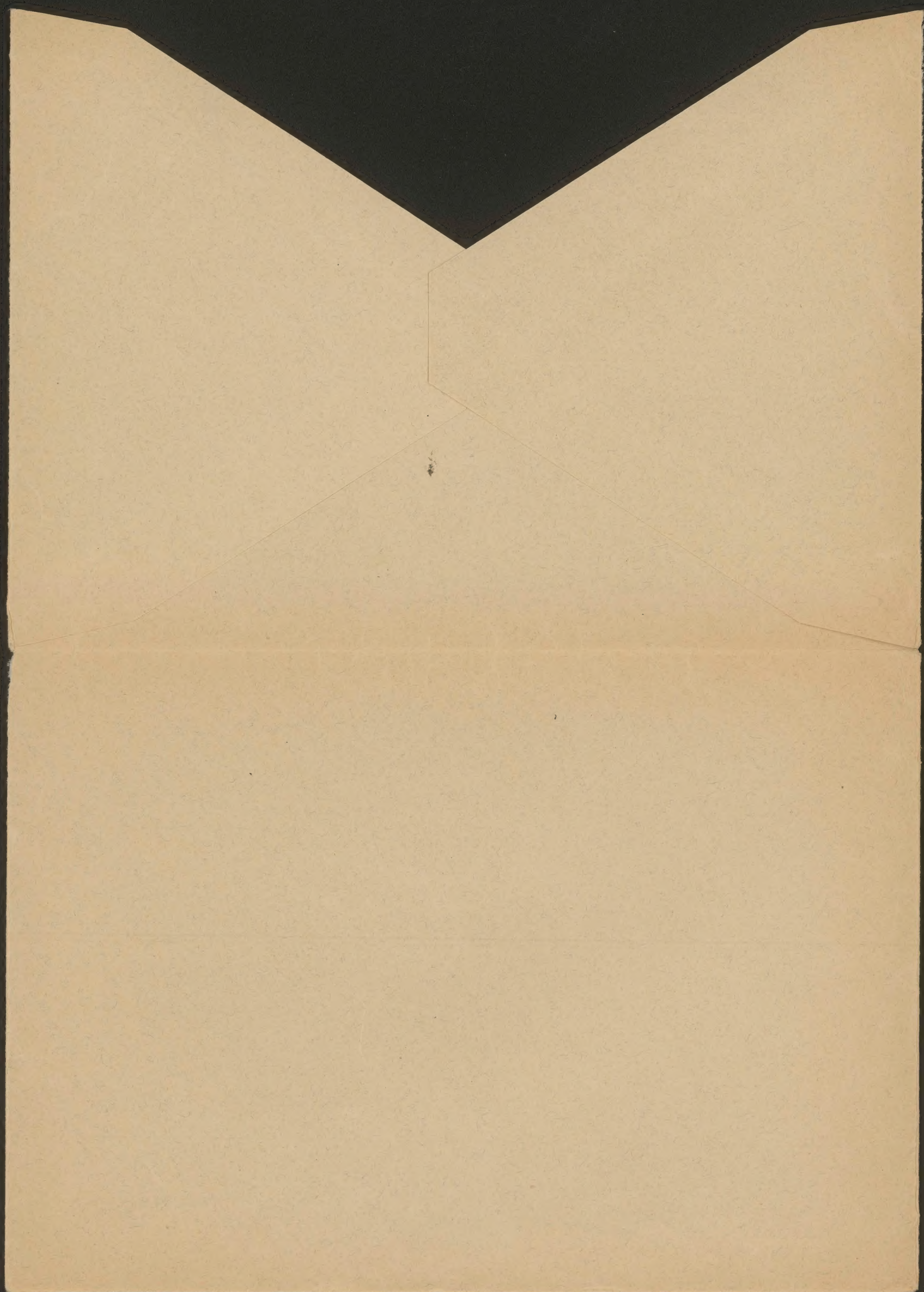
209

211 (——)

212

|    |    |    |    |    |    |    |
|----|----|----|----|----|----|----|
| 21 | 13 | -  | 4  | 19 | 20 | 77 |
|    |    |    |    |    |    |    |
| 7  | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 |    |







8998

Bibl. Jag.

IV